

新竹市香山溼地生物多樣性調查期末報告

楊樹森 江慧真 許仁利 黃淑珍

國立新竹教育大學應用科學系

委託單位：新竹市政府

執行單位：國立新竹教育大學應用科學系環境教育中心

中華民國 94 年 12 月 10 日

摘要

本研究共採集到成蟹有 47 種，舊記錄中的 6 種未採獲新鮮的標本可供 DNA 分析，含新發現的海陽豆蟹(*Pinnotheres haiyangensis*)、中華豆蟹(*Pinnotheres sinensis*)、皺紋團扇蟹 (*Ozius rugulosus*) 與司氏酋婦蟹 (*Eriphia sebana* 四種，香山潮間帶的蟹種紀錄為 54 種，已經建立 COI 基因資料者共有 41 種。已經完成 DNA 定序的成蟹共 6 科 41 種，大眼幼體的序列和成蟹序列相符的共有 6 科 22 種，未比對出的有 14 種，香山地區含幼蟹及成蟹總計已知的序列共有 55 種。大眼幼蟹洄游分佈於 3-10 月，4-6 月為大眼幼蟹洄游數量最豐富的季节。

2002-2005 年香山溼地底棲無脊椎動物的優勢物種為公代、蹄蛤、短指和尚蟹、萬歲大眼蟹、小頭蟲及裸蠃蜚蟲。香山溼地底棲生物之豐富度、生物量、出現種類數及多樣性等均有明顯之季節變化，且隨區域的不同而有差異。優勢生物群聚在各類型底質區域中呈現極為吻合的聚集效應，顯示各類優勢族群在底質環境變動的特性一致性頗高，大多數優勢物種聚集主要的環境誘因為底質有機質含量、粉沙及黏土含量、氧化層深三大項。河海環境的嚴重破壞及污染，近 20 年已經使香山溼地整體生物群聚的密度及種類數均嚴重的減少。

前言：

沿海地區潮間帶溼地是許多動植物的重要棲地，因為受到潮汐影響，每天兩次的潮汐漲退對在此生存的生物而言是極為嚴苛的生存環境。一般在潮間帶平緩海灘可累積許多有機物質，而有機碎屑是碎屑食物網中基礎的能量來源（程和張，1994），故在海岸溼地常孕育大量的底棲動物（Odum, 1975），因此溼地不僅是許多魚蝦蟹類幼苗成長的場所，也吸引了大量的水鳥來此覓食棲息（陳，1994；池，2000），形成一個極為完備的溼地生態系統。

底棲無脊椎動物在溼地的食物鏈中為主要的消費者，在生態系的能量流動中佔有非常重要的地位（Prater, 1981），除了在食物鏈上扮演重要的角色之外，其活動也對溼地的物理變化產生快速而顯著的影響（Wilson, 1991），例如許多無脊椎動物會挖洞，增加水流或空氣與底泥的接觸面積，使底泥含氧量增加，因而改變了底質環境，也對當地其他無脊椎動物及鳥類造成間接的影響，因此底棲生物在溼地碎屑食物網中也擔當了維繫棲地生態物質循環的重要功能（巖，1990）。另一方面由於底棲生物移動性較弱，無法快速的隨著環境改變而移棲，此種特性最能反映該地區環境的變動，使此類無脊椎動物成為重要的環境指標（bioindicator）（Parker, 1975；日本海洋協會，1986；陳等，1991）。

香山溼地位於新竹海岸潮間帶，為台灣西部大肚溪以北最大的溼地（溼地保護工作委員會，1994），1996 年於澳洲布理斯班舉行的國際拉姆薩公約組織會議中，更將新竹香山溼地列入東亞水鳥保護網的一環（洪和何，1999），行政院農委會亦於 2001 年 6 月公告此溼地為野生動物重要的棲息環境（不包含現有海山漁港，浸水垃圾掩埋場及客雅污水處理廠預定地，行政院農委會，2001）。國內過去針對香山潮間帶溼地的研究，在族群動態與群聚生態方面如龐元勳於 1981 年研究「香山潮間帶底棲生物與環境之關係」，調查範圍從客雅溪口以南至新竹香山沿岸，調查紀錄中物種共計 106 種大型底棲生物，其中甲殼類（Crustacea）28 種、軟體動物（Molluska）31 種，多毛類（Polychaeta）30 種，其他包括貧毛類（

Oligochaeta)、星口類 (Sipunculide)、棘皮動物 (Echinodermate) 及腕足類 (Branchiopoda) 共 17 種；在環境方面溼地底質中細顆粒淤泥含量與有機物含量間有正比關係，其中又以調查區北岸客雅溪溪口處有機性污染最高；另生物密度、重量及歧異度均以溪口附近較高，前兩項隨細顆粒淤泥及有機物增加，而歧異度則和微細沙、泥及有機物呈正相關，群聚均勻度與歧異度變化頗一致，潮綫高低亦影響生物之分布，密度與種數均以近岸較低，最後並強調生物歧異度在 9-12 月份較高而 3-4 月份較低 (龐，1981)。

1981 年之後陸續有人關注香山溼地的生態，「新竹市濱海地區生態現況調查」記載了貝類 118 種、蟹類 21 種 (吳，1991)，其中貝類涵括陸生、淡水生、河口域、潮間帶及海洋種類，而蟹類則以潮間帶為主。劉烘昌於 1994 年以香山螃蟹為題發表論文，共紀錄 6 科 23 屬 33 種的十足目蟹類，包括玉蟹科 1 種、饅頭蟹科 1 種、梭子蟹科 4 種、和尚蟹科 1 種、沙蟹科 10 種、方蟹科 16 種，其中和尚蟹的數量最多，棲息地則超過 100 公頃 (劉和李，1994)。1997「竹塹海濱生物」一書中記載了腔腸動物 2 種、紐型動物 1 種、星蟲動物 1 種、環節動物 2 種、軟體動物 27 種、甲殼類 49 種、棘皮動物 1 種，其中大部分為香山潮間帶物種 (洪，1997)。1997 年「新竹市海邊的螃蟹」一書將香山溼地的螃蟹種類提升至 10 科 43 種，其中繆式哲蟹 (*Menippe rumphi*) 及波檸豆蟹 (*Pinnotheres boniensis*) 為新記錄種 (何和洪，1997)。除了十足目之外，多毛類環節動物海稚蟲科 (Spionidae) 的偽才女蟲 (*Pseudopolydora diopatra*) 及蜚龍介科 (Terebellidae) 的葉蜚蟲 (*Amphitrite lobocephala*)，兩種新種的模式標本產地選定皆是香山潮間帶上的沙地 (Hsieh, 1992; 1994)。文獻顯示扁平蛛網海膽 (*Arachnoides placenta*) 與馬式海膽 (*Sinaechinocyamus mai*) 過去在香山潮間帶曾記載發現，兩者在早年為台灣常見的海膽，為環境變化的重要指標 (李和陳，1994)。

整體而言香山潮間帶過去確實擁有豐富底棲生物資源與生物多樣性，在龐 (1981) 之後，經過 20 年的環境變遷，隨著新竹科學園區的發展，其間缺乏嚴肅的底棲生物多樣性變化的生態學研究，我們亦無從得知目前底棲生物的真正現況

，本計畫主要目的之一就是了解香山溼地底棲生物多樣性之現況，另一方面並藉此研究進一步探討生物多樣性形成的生態過程。

除了豐富的生物多樣性外，香山溼地亦擁有多樣的微生態棲地，棲地類型包括河口溼地（客雅溪口）、潮池湖泊溼地（金城湖）、鹽生草澤溼地（大庄沿岸）、紅樹林溼地（海山沿岸）及潮間帶灘地（朝山、美山及香山沿岸）。泥質、沙質及礫質等棲地分布其中，多樣化的生態系結合多樣化的物種，更彰顯了香山溼地的重要性，然而各類型棲息地之間的生物相及其與環境之間的關聯目前仍然相當模糊，必須有計劃的進行長期調查研究，了解適合各族群出現的環境特色，包括鹽度、潮位高低、底質狀況以及底棲動物群聚在季節上的變化等，做為未來經營與管理上的參考。

研究調查目標：

1. 了解各類型棲地之大型底棲無脊椎動物群聚結構（community structure）及各物種之空間及時間的分布。
2. 各個採樣站之相關環境因子，用於探討底棲生物相的形成原因及環境因子與生物種類間之相互關係。
3. 應用分子技術研究底棲生物生活史之浮游階段，建立底棲生物相形成過程之關鍵性分類資料。
4. 經過二十年，香山潮間帶溼地底棲無脊椎動物群聚現象之變遷及探討其主要影響因子。

研究方法

底棲生物調查

考量地形與採樣可行性，於區內選取五條測線，其中三條採樣線離岸每 500 公尺、1000 公尺各設一站，客雅溪旁之取樣帶因地形關係，只能於離岸 250 公尺及 600 公尺各設一站，船澳南方取樣帶因縱深不足且底值均化，故僅於離岸

500 公尺設一站，共計九個取樣站按月進行採集。各採樣站確定之後以 GPS 定位記錄並以標定桿定入中心點以利往後的採集作業，為避免採樣點標定物遺失或損毀，採樣點同時以長 270 公分的銅條及三角角鐵進行標定，樣點位置如圖一。

每次採集工作於滿潮後 2-3 小時潮水漸退期間進行，為避免重複取樣造成誤差，遂以採樣站為圓心，分別劃定半徑四公尺、七公尺、十公尺三個圓，由小圓到大圓，每次於圓的八個方位，選定兩個對角點（圖二）進行採樣，挖取直徑 26 公分高 25 公分的圓柱體樣品各一個，九個採樣站共 18 樣品，採集後，在附近之溪流或水窪中，以 0.5 mm 的篩網篩選大型底棲生物（macrobenthos；Barnes and Hughes, 1999），收集殘留物帶回實驗室以 95% 的酒精保存，低溫冷藏。而後於實驗室內解剖顯微鏡下進行挑揀、分類、鑑定、計數、計量。每個測站生物種類數量以兩個對角樣品之平均密度表示。

底棲蟹類生活史之浮游階段分類識別：

底棲生物生活史中的浮游階段是其播散的最重要時期，藉由幼生的出現可以知道成體的生育期及族群的幼體加入量，是底棲生物生態學研究中極為關鍵的階段，然而由於幼生一般微小且不易判別其種類，經由飼養研究其種類不但曠日費時且有許多食餌及棲地模擬等關鍵技術必須解決，大多不可行。目前以分子生物學技術利用 PCR 取得特定 DNA 序列已經相當成熟，對照成體及幼體的 DNA 序列可以快速而正確的知道幼生的種類，再配合形態的描述可以形成較完整的資訊提供後來的研究者應用。

樣本採集

成蟹（crab）

自香山沿岸採集，每種螃蟹採集 2~5 隻，採得的螃蟹帶回實驗室以 95% 的酒精浸泡之，並放入 -20°C 之冷凍庫保存。

大眼幼體（megalopa）

各種蟹類的生殖季不同，以春、夏兩季居多，故預期這兩季的大眼幼體

數量會較多，且由於浮游時期的蟹類幼苗，一般每天都在反覆垂直移動，白天沉在中底層，夜間浮於上層，故於每個月兩次大潮的前 1 天以及當天，在晚間九時至十時間，以手拋浮游生物網（網目 $50\mu\text{m}$ ），在海山漁港及南寮漁港內採集。採集方法將浮游生物網拋出距離岸邊約 2~5m，重複拋網數次，所採得的標本，隨即以低溫帶回實驗室，以 0.107mm 的篩網濾掉海水，再以 95% 的酒精浸泡之，並放入 -20°C 之冷凍庫保存。

樣本的紀錄與描繪

成蟹種類確定後，同種的螃蟹給予編號，每種螃蟹至少取兩隻萃取其 DNA 進行 PCR 反應，並完成定序。大眼幼體則依其外部形態特徵如：色素斑的分布、第二觸角的節數，先將其初步分類並編號，同一類的再取 3~5 隻解剖之，在顯微鏡下將各部位的特徵拍照並比對是否確實為同一種。確定為同種後再萃取其 DNA，至少要有 2 個樣品完成定序。

大眼幼體型態特徵與各部位名稱說明如下（Ingle,1992；Clark,1998）：

詳如(圖 3)

頭部：

1. 頭胸甲(carapace): 包括背甲(dorsal), 前額具額角(rostrum)包括額棘(rostral spine)和額板(rostral plate), 有的指向前方, 有的向下傾斜。有些心區具向後突起之心棘(cardiac spine)。有些種類背甲上有斑點。
2. 第一觸角(antennule): 位於前額中部下方, 包含柄部(peduncle)、內肢(endopod)和外肢(exopod)。柄部分細分為基節(basis)和底節(coxa)。
3. 第二觸角(antenna): 位於眼柄和第一觸角間, 單肢鞭狀突出於前額區, 分多節, 節上有剛毛(setae), 節數及每節的剛毛數是辨識種類的重要特徵。
4. 大顎(mandible): 底節(coxa)盤狀為門齒突起(incisor process), 有銳利的邊緣, 內肢為大顎觸鬚(mandibular palp), 一般為兩節, 遠端節較多剛毛(setae)。
5. 第一小顎(maxillule): 內肢(endopod)退化毛較少, 基節(basis)和底節

(coxa) 多毛 (setae)。

6. 第二小顎 (maxilla): 有發達的顎舟葉 (scaphognathite), 外側緣多數的羽狀剛毛 (plumose setae)。內肢 (endopod) 退化如指狀, 毛少。基節 (basis) 和底節 (coxa) 皆分內外兩葉, 一般以底節為外葉 (outer lobe) 較小葉, 毛數也較少。

胸部:

7. 第一顎足 (first maxilliped): 原肢外緣為發達三角形之上肢 (epipod), 上有多數細絲狀軟毛 (soft setae); 外肢分三節, 但第二、三節常分離不很清楚, 最末節末端一般有數支長毛; 內肢單節, 末端膨大, 上方邊緣有剛毛; 基節和底節多毛。
8. 第二顎足 (second maxilliped): 外肢分三節, 最末節末端有數支長毛; 內肢在原肢 (protopod) 上明顯分四節。
9. 第三顎足 (third maxilliped): 上肢 (epipod) 發達, 具多數細絲狀軟毛; 外肢分三節, 但第二、三節分離不很清楚, 可視為同一節, 最末節末端有數支長毛; 內肢在原肢 (protopod) 上明顯分五節。
10. 胸足 (pereiopods): 共五對, 包含一對螯足 (cheliped)。胸足均不具外肢, 由七節組成, 及底節、基節、座節 (ischium)、長節 (merus)、腕節 (carpus)、掌節 (或稱前節) (propodus) 和指節 (dactylus)。螯足一般強壯粗大, 呈鉗狀 (chelate)。
11. 胸部腹甲 (sternum): 一般胸甲板 (sternites) 分五節, 第一、二節有些尚分不清楚; 第二至五節依序和第一至第四胸足的底節相連, 第五節胸甲板有些種類向後延伸突出成腹棘 (sternal spine 或 sternal cornuae)。
12. 腹部 (abdomen): 一般分六節, 第一腹節小而不具泳足。第二至五腹節有雙肢型 (biramous) 泳足。第六腹節一般具有單肢型 (uniramous) 的尾肢 (uropods)。
13. 尾節 (telson): 形狀不一, 其背面或邊緣的毛數依種類而異。

分子特徵實驗步驟

DNA 的萃取

成蟹：以 DNA 萃取套件萃取

1. 用燒過的剪刀取蟹足的肌肉約 20mg，置入 1.5ml 的離心管中。
2. 置入冷凍真空乾燥機中乾燥。完全乾燥後，用燒紅冷卻後的粗探針將肌肉壓碎。
3. 加入 200 μ l 的萃取溶液。
4. 加入 20 μ l 的蛋白質分解酵素。
5. 將離心管放入 56°C 的恆溫水槽水浴 2~3hr，直到肌肉完全分解。
6. 將完全分解之肌肉溶液加 200 μ l 的鉗合溶液。充分混合後，放到 70°C 的恆溫水槽水浴 10 分鐘。
7. 加入 200 μ l 的 99.95% 無水酒精。
8. 將肌肉樣品轉入萃取離心管內。以 14000 RPM 離心 1 分鐘，倒掉收集管內的析出液。
9. 加入 300 μ l 的鉗合溶液。以 14000 RPM 離心 1 分鐘，倒掉收集管內的析出液。
10. 加入 700 μ l 的洗滌溶液。以 14000 RPM 離心 1 分鐘，倒掉收集管內的析出液。
11. 再加一次 700 μ l 的洗滌溶液。以 14000 RPM 離心 1 分鐘，倒掉收集管內的析出液。再離心 3~5min 使酒精完全蒸發。
12. 底下析出收集管換成 1.5ml 的離心管，加入 150 μ l 預熱至 70°C 的析出溶液，等待 1~2 分鐘。
13. 以 14000 RPM 離心 1 分鐘。析出至離心管的溶液含有萃取所得之 DNA。
此 DNA 萃取液即可進行聚合酶鏈合反應(PCR)反應。

大眼幼體 DNA 以鉗合樹脂(Chelex)萃取

將標本從酒精中取出，置於顯微鏡下拍照紀錄，然後浸泡在無菌的去離子水中 2~3 小時，以去除酒精。

1. 以解剖針將標本挑出，置於 0.5ml 的離心管中。
2. 將標本放進真空乾燥機中乾燥 30 分鐘。
3. 用燒過的探針，將完全乾燥之標本壓碎黏附於離心管底部，並把甲殼去掉。
4. 加入 50 μ l 的 5% 鉗合樹脂 (5gChelex (BioRad Chelex100Resin), 1ml 20 % SDS, 1ml 1.0M Tris pH8, 95ml steril D.D.Water)，震盪混合 10 秒鐘。
5. 將離心管放入 56°C 水浴箱 3 小時。
6. 從水浴箱取出後震盪 10 秒鐘，置於加熱箱中以 100°C 加熱 10 分鐘。
7. 震盪後再以 10000RPM 離心 3 分鐘，取上層澄清液即可作聚合酶鏈合反應(PCR)。

PCR 之引子(Primer)

聚合酶鏈合反應反應所需的引子為 COI-L (LCO-1490) 及 COI-H (HCO-2198) (Folmer,1994)，引子的序列如下：

COI-L (LCO-1490) : 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'

COI-H (HCO-2198) : 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'

PCR

粗萃的 DNA 以 PCR 來進行增幅，以供定序。其反應條件如下：

在總體積 50 μ l 的反應溶液中加入以下組成：樣本的粗萃 DNA 5 μ l、10X 的 PCR 緩衝液 5 μ l、5 μ M 的 COI-L 引子 和 COI-H 引子 各 1.5 μ l、? mM dNTP 2 μ l、Taq0.625 μ l，並加入去離子水至總體積為 50 μ l。

反應液在 Eppendorf Mastercycle gradient 反應器中進行 PCR 反應，溫度流程如下：

- (1) 先在 94°C 下 10min 使雙股 DNA 完全解開 (denature)。
- (2) 接下來進行 35 次增幅循環，每一循環為：94°C 30 秒解開 DNA

(denature)、48°C~51°C 45 秒使 DNA 與引子黏合 (annealing)、72°C 45 秒進行 DNA 複製延伸 (extension) 反應。

(3) 最後以 72°C 延伸反應作用 10min，使延伸反應完全，得最終 PCR 增幅產物。

各項反應條件視每次反應結果稍作調整，以期得最佳之產物。

DNA 定序

將成功增幅之 DNA 委外進行純化及定序反應，以取得完整之 DNA 序列。

定序完成之基因序列，以 BioEdit version 5.0.9 軟體，進行 DNA 序列的比較排列，並進一步檢查、校正，確認序列正確無誤後，再比對成蟹和大眼幼體的序列，查看是否吻合，找出同種的大眼幼體。

環境因子分析：

根據 (龐元勳, 1981) 研究發現，最高潮前後 2-3 小時海水的物理性質較穩定，故其 pH 值及鹽度皆在最高潮內 1-2 小時內完成。研究期間隨著底棲採樣量測三條測線堤防水深約 50 公分處之物理性質，水溫與鹽度，用 YSI 攜帶式鹽度計測定，水中的溶氧使用 YSI 溶氧儀以膜電位法測量，pH 值則用攜帶式酸鹼儀測定。

底質粒度分析採樣

每個採樣點四周 4-10 公尺範圍內，採集三個內徑 2.6cm 深度為 15cm 之泥沙，並將泥沙柱分三層收集，各層分別為 0-3cm、3cm-10cm、10cm-15cm，各層泥沙經充分混合後，做為該樣點之底質質粒樣品，帶回實驗室，低溫冷藏。

底質中成分依其粒度 (Grain size) 由小而大可分為：黏土 (Clay) 粒徑小於 0.004mm、粉砂 (Silt) 粒徑大小 0.004mm-0.063mm、極細沙 (very-fine sand) 粒徑大小 0.063mm-0.125mm、細沙 (Fine sand) 粒徑大小 0.125mm-0.25mm、中沙粒 (medium sand) 粒徑大小 0.25mm-0.50mm、粗

沙 (coarse sand) 粒徑大小 0.5mm-1mm、極粗沙 (very- coarse sand) 粒徑大小 1mm-2mm、細礫石 (Gravel) 粒徑大小 2mm 以上。

選擇各站適量土樣，以清水清洗數次後，去除土中的鹽類與其他懸浮物，採濕篩法分別放入以 2mm、1mm、0.5mm、0.25mm、0.125mm、0.063mm 堆疊的篩網中，以電動震篩機搖動分級過篩後，粒徑小於 0.063mm 之粉沙及黏土之含量，採定量吸管法 (pipette math) 分析，各網目中的底土，測其各級之乾重，可得到八組粒徑的重量百分比組成及各粒度之累積百分比 (Cumulative percentage)，進而可得各站之粒徑中值與淘選係數 (Folk, 1968)，及各站底質粒徑之垂直分佈狀況。

有機物含量

於採集粒徑樣品時，於同樣範圍內，採取三個內徑 2.6cm，深 15cm 之圓柱狀底質，充分混合候，攜回實驗室低溫保存。

2002 年底質分析：取各測站之樣品約 50 公克冷凍乾燥，若沉積物中有碎屑，例如：樹葉、樹枝等，或是大型底棲動物，如：環節動物、節肢動物、螺類等，於樣品乾燥後經 0.5mm 篩網去除。測量有機碳含量時，先將乾燥後的樣品加入與待測樣品等體積之 1N 濃度之 HCl，混合均勻靜置，以吸管吸除上層液，重複數次使濃 HCl 與無機碳完全混合反應，去除無機碳，再次冷凍乾燥。樣品經充分研磨、混合均勻後，以碳氮元素分析儀分析底泥中全有機碳 (TOC) 及全氮 (TN) 含量 (陳章波, 2003)。

2005 年底質分析：

土壤有機氮的測定方法

土壤有機氮的含量測定參考環保署所公佈之凱氏氮檢測方法

試劑：

(1) 濃硫酸 (H_2SO_4)

(2) 硼酸吸收溶液 (H_3BO_3)：溶解 30.195g 硼酸於蒸餾水，再定容至 1L。

(3)消化試劑：將 100g 硫酸鉀加入 650ml 蒸餾水，再加入 200ml 濃硫酸，溶解後加入 40g 硫酸銅，再定容至 1L。

(4)溴甲酚綠指示劑

(5)甲基紅指示劑

(6) 0.02N 鹽酸溶液：將濃鹽酸(12N)取 4.8ml 於容量瓶內，再加入蒸餾水至 250ml。

(7)碳酸鈉粉末

1.消化：精秤 0.5g 土壤樣品置入分解管中，加入 50ml 消化試劑，置於分解爐消化，待系統溫度達 385℃ 後，持續反應 1.5 小時後停止加溫，1 小時後加入 50ml 蒸餾水，待冷卻後，移至容量瓶中，定容至 100ml。

2.蒸餾：將消化後的反應液取 25ml 置入分解管中，另取硼酸吸收液 25ml 置入 250ml 錐形瓶中，加入溴甲酚綠及甲基紅指示劑各 2~3 滴，再將分解管與錐形瓶共同置於凱氏氮蒸餾系統中，加入 50ml 氫氧化鈉溶液於分解管後，開始蒸餾，待錐形瓶吸收液中液體達 200ml 後，停止蒸餾，取出滴定。

3.滴定：以 HCl 溶液滴定之

4.標定：精稱適量碳酸鈉溶於約 50ml 蒸餾水，加入一滴溴甲酚綠，以標定 HCl 濃度。

5.計算：

(1)鹽酸濃度：碳酸鈉莫耳數 $\times 2$ / 標定體積

(2)凱氏氮含量：鹽酸濃度 \times 滴定體積 $\times 17$ / 土壤樣品克數

土壤總有機碳的測定方法

土壤中的有機碳含量測定參考環保署化學需氧量檢測—重鉻酸鉀迴流法。

試劑：

(1)0.0417M $K_2Cr_2O_7$ 溶液：溶解 6.1338g $K_2Cr_2O_7$ 於蒸餾水中，定容至 0.5L。

(2)0.25N 硫酸亞鐵銨溶液($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$)：溶解 49g 硫酸亞鐵銨於蒸

餾水中，再加入 10ml 濃硫酸，冷卻後定容至 0.5L。

(3)硫酸汞粉末(HgSO_4)

(4)硫酸銀溶液(AgSO_4)：2.5g 硫酸銀加入濃硫酸，定容至 250ml。

(5)菲羅林指示劑(Ferrouin solution)

(6)濃硫酸

(7)蒸餾水

步驟：

1.反應：

(1)土壤樣品：精秤 0.5g 土樣，置於 250ml 燒瓶中，加入 0.4g 硫酸汞粉末，再加入 10ml 蒸餾水，稍微搖動後再加入 10ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液。加入毛細管後，置於迴流(reflux)裝置上，由迴流管上方加入 20ml 硫酸銀溶液，加溫至沸騰後，持續反應 2 小時。

(2)空白樣品：0.4g 硫酸汞粉末，置於 250ml 燒瓶中，再加入 10ml 蒸餾水，稍微搖動後再加入 10ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液。加入毛細管後，置於迴流(reflux)裝置上，由迴流管上方加入 20ml 硫酸銀溶液，加溫至沸騰後，持續反應 2 小時。

2.滴定：待反應液溫度稍低後，以少許蒸餾水沖洗迴流管，再將反應液移入量瓶，定容至 100ml，取 25ml 反應液加入 2 滴菲羅林指示劑，以硫酸亞鐵銨溶液滴定。

3.標定：取 5ml 0.0417M $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液加入約 15ml 蒸餾水，再加入 5ml 濃硫酸。待冷卻後，加入 2 滴菲羅林指示劑，以標定硫酸亞鐵銨溶液濃度。

計算：

有機碳含量%=(A-B-C)*0.00336 / 土壤樣品克數

A： $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 液之毫當量數

B：空白樣品所耗硫酸亞鐵銨溶液之毫當量數

C：硫酸亞鐵銨溶液之毫當量數

附註：1. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液之毫當量數= $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 之毫升數 x $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 之當量濃度

2. $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 之毫當量數=

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 之毫升數 \times $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 之當量濃度

3. 每毫當量 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 可氧化有機碳 0.00336 克。

氧化還原層深度

以內徑 3.5 公分、長 120 公分之透明壓克力管，垂直插入底土中，再以橡皮塞子塞住上方管口，取出塑膠管，透明管中呈灰黑色的泥層為還原層，呈黃褐色的泥層為氧化層，測量表面置還原層的長度，可得氧化還原層的深度（陳章波, 2003）。

pH 值

於採集粒徑樣品時，於同樣範圍內取三個內徑 2.6cm，深 15cm 之圓柱狀底質，充分混合候，攜回實驗室低溫保存。每一樣品先取 5 公克底土秤重、烘乾，求出含水量。再取 10 公克的底土計算二倍底土重量的去離子水所應有的重量值，因取樣之底土並非完全乾燥，故加入去離子水的重量必須扣除原本底土內所含水之重量，因此：

應加入去離子水的重量 = $20\text{g} - (10\text{g} \times \text{樣品含水量}\%)$

10g 底土樣品加入所需之去離子水後，徹底攪拌 30 秒鐘，然後靜置 30 分鐘後，再徹底攪拌，測量 pH 值（陳章波, 2003）。

結果

底棲蟹類生活史之浮游階段分類識別

本研究共採集到成蟹有 47 種，海陽豆蟹(*Pinnotheres haiyangensis*)、中華豆蟹(*Pinnotheres sinensis*)、皺紋團扇蟹 (*Ozius rugulosus*) 與司氏酋婦蟹 (*Eriphia*

sebana) 4 種為新紀錄種，以往香山蟹種紀錄 50 種之中的東方蟬 (*Charybdis orientalis*)、鈍齒短槳蟹 (*Thalamita crenata*)、倫氏哲蟹(=廖氏哲蟹) (*Menippe rumphii*)、粗腿綠眼招潮 (*Uca chlorophthalmus crassipes*)、圓球股窗蟹 (*Scopimera globosa*)、小相手蟹 (*Nanosesarma minutum*) 和鱗形斜紋蟹(=瘤突斜紋蟹) (*Plagusia squamosa*(=*Plagusia tuberculata*)) 7 種未採獲新鮮的標本可供 DNA 分析，總計香山潮間帶的蟹種紀錄為 54 種，已經建立 COI 基因資料者共有 6 科 41 種(表 1)，其中紅螯螳臂蟹 (*Chiromantes haematocheir*) 的 COI 序列與 NCBI 網站上編號 AF317342 紅螯螳臂蟹的 COI 序列相似度 99%，所以可以確定所定序出的序列為螃蟹的 COI 序列無誤。除了成蟹的採集之外，自 2004 年十月開始本研究室每兩週一次自海山漁港及南寮港在夜間漲潮採集大眼幼蟹的標本，大眼幼體完成 DNA 定序的共有 36 種。香山地區含幼蟹及成蟹總計已知的序列共有 55 種(附錄基因定序結果)。大眼幼體的序列和成蟹序列相符的共有 6 科 22 種，未比對出的有 14 種，已完成的種類及大眼幼蟹出現的月分詳如表 1，大眼幼蟹洄游分佈於 3-10 月，4-6 月為大眼幼蟹洄游數量最豐富的季节。

經由序列比對確定其成蟹之種類，其後再進行傳統形態分析，根據大眼幼蟹的頭胸甲外形、個體大小的差異、螯足形態及色素點的分佈等特徵進行形態分類，形態之描述以頭胸甲的腹面及背面、主要附肢的細部構造呈現，以反光描繪器在顯微鏡下繪圖為主要的呈現方式，同時配合顯微照片疊圖呈現高景深影像。本報告呈現已知種類的大眼幼蟹圖譜共 22 種。

大眼幼體形態檢索

科檢索表

- 1a. 具有尖銳且長的中央額棘及大型腹棘----- Portunidae 梭子蟹科
- 1b. 不具尖銳的中央額棘及大型腹棘-----2
- 2a. 螯足底節有大型鈎棘，額板兩側前端具牛角狀彎棘----- Xanthidae 扇蟹科
- 2b. 螯足底節不具大型鈎棘，額板中央平滑或微凹-----3
- 3a. 胸足細長，第二觸角 7 節，第 6 節具有一圈十支以上的長剛毛

- Mictyridae 和尚蟹科
- 3b. 第二觸角長剛毛總數等於或少於十支-----4
- 4a. 頭胸甲長方形，長寬比大於 1.6；第二觸角 10 節，第二觸角沒有長剛毛
-----Gecarcinidae 地蟹科
- 4b. 頭胸甲長寬比小於 1.6，第二觸角 7-11 節-----5
- 5a. 體型圓厚；第二觸角 7 節者第四胸足無座節棘；第二觸角 10 節者第四胸足有
座節棘，若無座節棘則頭胸甲大於 5mm----- Ocypodidae 沙蟹科
- 5b. 體型扁平者，頭胸甲長小於 1.5mm，第二觸角 9 節者第四胸足有或無座節棘；
體型圓厚者，第二觸角 10 節或 11 節且第 4 胸足無座節棘-Grapsidae 方蟹科

Family Portunidae 梭子蟹科

【科特徵】具有長而尖銳的中央額棘水平向前；腹部第五節下緣通常延伸成一稍微彎曲的鉤狀棘；胸足腕節、座節、或底節常有大型鉤狀棘；第五胸足的指節槳形，內緣具有長鉤毛。

本研究紀錄到三屬三種梭子蟹科的大眼幼蟹，檢索表如下：

- 1a. 螯足腕節和座節具有大鉤棘，第 5 胸足指節有 5 支鉤狀剛毛
----- *Portunus pelagicus* 遠海梭子蟹
- 1b. 螯足腕節不具有大鉤棘-----2
- 2a. 螯足座節具有大鉤棘，第 5 胸足指節有 6 支鉤狀剛毛
-----*Charybdis annulata* 環紋蟬
- 2b. 螯足腕節和座節不具有鉤棘，第 5 胸足指節有 4 支鉤狀剛毛
-----*Thalamita spinimana* 刺手短槳蟹

Subfamily Portuninae 梭子蟹亞科

Portunus pelagicus 遠海梭子蟹

(圖 4a&4b、照片 1)

檢視標本數：一隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：2.27mm，頭胸甲寬：1.16mm，頭胸甲長與寬的比約 1.96，頭胸甲呈長方形，密佈黑色素斑點。額方形，具一中央額棘，額棘尖銳向前平伸，長 0.47mm；額寬 0.63mm，額板兩側的額角突出向外向下傾斜，上著生數支剛毛；額區中央凹陷。胸部腹甲長 0.98mm，第一、二節分節不明顯，第一節和第二節的交接處兩側有明顯的黑色素斑延伸到螯足基部，第五節向後延伸成腹棘，腹棘長 0.5mm。腹部含尾節共 7 節，第五節下側緣具發達的銳棘，長度超過第六節下緣，尾節下緣圓弧形。第二觸角 11 節，從基部到末端各節的毛數為 3, 2, 2, 0, 0, 4, 0, 4, 1, 3, 4，其中第 3 節和第 8 節各具 2 支長剛毛，第 2 節具 1 支長剛毛。螯足的腕節和座節各具一大鉤棘；螯足內側從底節到長節內側有一排黑色素斑點；指節不可動指外側基部亦有一斑點，內緣為波浪齒緣且有剛毛著生。第二胸足座節具鉤棘；除基節外，其餘各節均有剛毛著生。第五胸足指節呈扁槳狀，較前節寬且長，末端有棘爪；內外緣均勻著生多支長單毛和短剛毛，內緣靠近末端有 5 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛。

【快速檢索】體型大型 (>2mm)。額棘長且向前水平伸展，約佔頭胸甲長的五分之一。螯足內側均勻分布一排黑色大色素斑點，腕節和座節各具一大鉤棘。腹棘長，由背面觀察清楚可見。

Charybdis annulata 環紋蟬

(圖 5a&5b、照片 2)

檢視標本數：一隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：2.58mm，頭胸甲寬：1.30mm，頭胸甲長與寬的比約 1.98，頭胸甲呈長方形。額區扁長方形，具一中央額棘，額棘尖銳向前平伸，長 0.51mm；額寬 0.72mm，額板兩側的額角突出向下傾斜。胸部腹甲長 1.12mm，第一、二節分節不明顯，第一節和第二節的兩側有明顯的色素細胞，第五節向後延伸成腹棘，腹棘長 0.51mm。腹部含尾節共 7 節，第五節下側緣具發達的銳棘，長度與

第六節下緣齊，尾節倒梯形。兩支第二觸角的節數不同，一支 11 節，從基部到末端各節的毛數為 2, 1, 3, 0, 0, 3, 2, 4, 2, 2, 3，第 2 節具一支長羽狀剛毛，第 3 節和第 8 節各具 2 支長剛毛；另一支第二觸角有 12 節，與前者相較，末節又分成兩節，從基部到末端各節的毛數為 2, 1, 2, 0, 0, 2, 1, 5, 1, 3, 1, 4，第 2 節具一支長羽狀剛毛，第 3 節和第 8 節各具 2 支長剛毛。螯足的座節具一鉤棘，上著生一支剛毛；其餘各節也均具剛毛；指節可動指和不可動指尖端往內彎，不可動指內緣為波浪齒狀。第二胸足座節具一小棘；前節內緣末端有一具櫛刺的長剛毛；指節內緣具 8 支具櫛刺的粗短剛毛。第五胸足指節呈扁槳狀，末端有棘爪；外緣均勻著生 8 支短剛毛；內緣具 3 支羽狀剛毛，靠近末端有 2 支短剛毛和 6 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛。

【快速檢索】體型大型 (>2.5mm)。額棘長且向前水平伸展，約佔頭胸甲長的五分之一。螯足的座節具一鉤棘。第五胸足指節有 6 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛。

Subfamily Thalamitinae 短槳蟹亞科

Thalamita spinimana 刺手短槳蟹

(圖 6a&6b、照片 3)

檢視標本數：5 隻。

頭胸甲長：1.91mm，頭胸甲寬：1.01mm，頭胸甲長與寬的比約 1.89。頭胸甲成長方形，不具斑點或僅在額區下方具一黑色素斑。額角兩側圓弧型，具一中央額棘，額棘尖銳指向前方，向下稍微傾斜，長 0.35mm；額寬 0.54mm。胸部腹甲長 0.83mm，第一、二節分節不明顯，第一節和第二節的交接處兩側有明顯的小點狀黑色素斑，第五節向後延伸成腹棘，腹棘長 0.29mm。腹部含尾節共 7 節，第一節具一點狀黑色素斑；第五節下側緣的銳棘長度超過第六節下緣；尾節近方形。第二觸角 11 節，從基部到末端各節的毛數為 2, 3, 3, 0, 0, 3, 2, 4, 1, 2, 5，第二節具一長羽狀剛毛，第三節具 3 支羽狀剛毛，第 8 節有 2 支長剛毛。螯足不具

黑色素斑點，指節不可動指內緣為波浪齒狀，可動指和不可動指內外緣均有剛毛著生。螯足各節除基節外均具短剛毛，以長節和掌節毛數較多。第二胸足各節亦密佈剛毛，以指節剛毛數最多。第五胸足指節呈扁槳狀，但不會比前節寬；前節和長節內外緣均具剛毛，內緣的剛毛較外緣長；指節內緣靠近末端有 4 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛。

【快速檢索】體型中大型（約 2mm）。額棘長且向前水平伸展，約佔頭胸甲長的五分之一。頭胸甲乾淨不具色素斑點或僅具 1~2 斑點。腹棘長，背觀清楚可見。

Family Xanthidae 扇蟹科

【科特徵】螯足底節有大型鉤棘，額板兩側前端具牛角狀彎棘。

本科只紀錄了一種，特徵如下。

Leptodius sanguineus 肉球皺蟹

（圖 7a&7b、照片 4）

檢視標本數：3 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：1.30mm，頭胸甲寬：0.98mm，頭胸甲長與寬的比約 1.32。額寬 0.50mm。額板兩側前端具牛角狀彎棘，稍向上翹起，長 0.13mm；中央額棘向下凹陷，尖端向下，背面觀無法看見中央額棘。頭胸甲共有 5 個明顯的黑色素斑點：額區兩側各一個，後緣中央一個，後側緣兩邊各一個。頭胸腹甲第一、二節分節不明顯，第一節和第二節間的凹處有小塊的黑斑；胸部腹甲長 0.78mm。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣的側棘長度不超過第六節下緣，尾節梯形。第二觸角 11 節，從基部到末端各節的毛數為 2, 1, 2, 0, 0, 3, 0, 3, 0, 4, 3，第 2、3、8 節各具 1、2、2 支長剛毛。螯足座節具一大鉤棘；掌節內側有一黑色素斑；指節不可動指內緣具波浪狀鋸齒，外側緣有一排剛毛；可動指外側緣亦有一排剛毛，內側僅一支剛毛。第二胸足除基節外，其餘各節均有剛毛著生，指節內緣並具有 3 支羽狀剛毛。第五胸足長節和前節各具一大黑色素斑點，從座節到末端節剛毛密佈，長節和腕節末端外緣著生 1 支長單毛，指節內緣靠近末端有 3 支末端彎曲具有櫛

刺的鈎狀剛毛。

【快速檢索】體型中小型（1mm~1.5mm 之間）。額板兩側前端具牛角狀彎棘。頭胸甲具五枚黑色素斑點。

Family Mictyridae 和尚蟹科

【科特徵】胸足細長；第二觸角短，僅具有 7 節，第 6 節具有一圈比觸角長的羽狀剛毛。

本科只紀錄了一種，特徵如下。

Mictyris brevidactylus 短指和尚蟹

（圖 8a&8b、照片 5）

檢視標本數：5 隻。

頭胸甲長：1.45mm，頭胸甲寬：1.00mm，頭胸甲長與寬的比約 1.45。額寬 0.29mm。中央額棘向下傾斜，額區兩側各有一塔狀突起，塔尖具有一支剛毛。頭胸甲呈圓球形，表面凹凸不平，前半部具絲狀色素斑。胃區兩側各具一突起，上有一至兩支剛毛。頭胸腹甲長 0.83mm；第一、二節分節不明顯，第一節和第二節有多個大型咖啡色的黑色素斑，第五節具一突棘。腹部含尾節共 7 節，尾節倒三角形。第二觸角 7 節，末三節很短；前五節不具剛毛，第 6 節環生一圈 14~16 支的羽狀長毛；第 7 節末端尖銳，上著生 1~2 支短剛毛。五對胸足均細長。螯足掌節內側靠指節的地方有咖啡色放射狀的色素斑；指節剛毛密佈，不動指和可動指均細長，內緣平整不具波浪狀鋸齒。第二胸足底節具有羽狀剛毛，其餘除基節外，各節均有剛毛著生。第五胸足較短，常縮在背甲上；指節共有 4 支末端彎曲具有櫛刺的鈎狀剛毛：內側靠近末端有 1 支，末端則有 3 支。

【快速檢索】體型中型（約 1.5mm）。第二觸角短，第 6 節具有一圈比觸角長的羽狀剛毛。第一至第四胸足細長。第五胸足指節有 4 支鈎毛。

Family Ocypodidae 沙蟹科

【科特徵】軀體圓球形，不同種類之間體型大小差異很大。前額圓滑或中央凹陷，額棘向前傾斜或垂直向下。

本研究共紀錄到三亞科四屬七種的大眼幼蟹，檢索表如下：

- 1a. 頭胸甲長寬比接近 1，體型如梨。第二觸角 7 節，第五胸足無鉤狀剛毛
----- *Scopimera* 股窗蟹屬
- 1b. 第二觸角 10 節-----2
- 2a. 體型大於 5mm，頭胸甲堅硬光滑，常具有斑點；第五胸足指節無鉤狀剛毛
-----*Ocypode* 沙蟹屬
- 2b. 頭胸甲呈長方形，長寬比 1.4 以上，第五胸足指節有 3 支鉤狀剛毛-----3
- 3a. 額板兩側前端具牛角狀彎棘，第四胸足有座節棘--*Macrophthalmus* 大眼蟹屬
- 3b. 額板兩側側緣平滑，額板寬度向前漸縮；第二觸角第 8 節具 2 支長剛毛
----- *Uca* 招潮屬

Subfamily Ocypodinae 沙蟹亞科

Ocypode stimpsoni 斯氏沙蟹

(圖 9a&9b、照片 6)

檢視標本數：5 隻。

頭胸甲長：5.40mm，頭胸甲寬：4.40mm，頭胸甲長與寬的比約 1.23。頭胸甲殼堅硬，表面光滑，後側緣有橢圓形的凹陷；頭胸甲及胸足均密佈小型的黑色素斑。額寬 2.2mm，額角圓滑，中央額棘短，垂直指向下方，背面觀察無法看見中央額棘。頭胸腹甲長 3.87mm；第一節凹凸不平具數支剛毛；第二至第四節甲殼堅硬，第五節內側具數支剛毛。腹部含尾節共 7 節，除尾節外均密佈斑點，尾節下緣圓弧形。第二觸角 10 節，從基部到末端各節的毛數為 1, 2, 2, 0, 0, 3, 1, 3, 2, 3，第 2 節具 1 支長剛毛和一支羽狀毛，第 8 節有 1 支長剛毛；第一節基部有一大黑色素斑。螯足底節有一叢感覺毛；座節內緣圓突具數支剛毛；長節外緣近腕節處特別突出且具一剛毛；掌節寬厚；指節可動指和不可動

指的內外緣均有一排粗短的剛毛，內側不具波浪狀突起。第二胸足各節均具斑點，指節末端尖銳，內外緣各具有一排短剛毛。第五胸足底節有一叢羽狀剛毛，前節內緣具 3 支較粗的剛毛，指節末端圓鈍，內緣有一排剛毛。

【快速檢索】體型巨大(>5mm)。頭胸甲及胸足均密佈黑色素斑。甲殼堅硬光滑。

Uca arcuata 弧邊招潮

(圖 10a&10b、照片 7)

檢視標本數：5 隻

頭胸甲長：1.28mm，頭胸甲寬：0.83mm，頭胸甲長與寬的比約 1.54。額寬 0.25mm。額區中央位置凹陷具黑色素斑，側緣平滑，寬度向前漸縮，中央額棘向下傾斜。頭胸甲呈橢圓球形，表面凹凸不平，背面觀察常發現體內具有四個大型油滴，後緣有一枚大型黑色素斑，此色素斑通常不是位於正中央。頭胸腹甲長 0.70mm；第一、二節分節不明顯，各節平坦沒有突起。腹部含尾節共 7 節，第一節具一枚絲狀色素斑，第五節下緣具側棘，尾節下緣圓弧形。第二觸角 10 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 4, 1, 3；第 8 節具 2 支長剛毛。腹面觀第二、三、四胸足均具座節棘。螯足各節剛毛稀疏，僅長節外緣近腕節處有 1 支剛毛較粗；掌節稍膨大；指節內緣平整。第二胸足底節具有大型的黑色素斑和羽狀剛毛，其餘除基節外，各節均有剛毛著生。第五胸足較小，常縮在背甲上；指節有一短剛毛和 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內側靠近末端有 1 支，末端則有 2 支。

【快速檢索】體型中小型(1mm~1.5mm 之間)。頭胸甲額區和胃區以及後緣上方有黑色素斑。第二觸角 10 節，第 8 節具 2 支長單毛。腹面觀第二、三、四胸足均具座節棘。

Uca vocans borealis 北方呼喚招潮

(圖 11a&11b、照片 8)

檢視標本數：4 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：1.27mm，頭胸甲寬：0.80mm，頭胸甲長與寬的比約 1.59。額寬 0.24mm。額區中央凹陷具黑色素斑，側緣平滑，寬度向前漸縮，中央額棘向下傾斜。頭胸甲呈橢圓球形，表面凹凸不平，體內常具有四個大型油滴，胃區有一枚放射狀黑色素斑，前側緣和後側緣交接處明顯向中央緊縮。頭胸腹甲長 0.79mm；第一、二節分節不明顯，第二節的兩側有明顯的大型黑色素斑延伸到螯足，第四節表面具有一小突起。。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣具側棘，尾節下緣圓弧形。第二觸角 10 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 0, 0, 0, 0, 2, 0, 3, 1, 3；第 8 節具 2 支長剛毛。腹面觀僅第四胸足具有小座節棘。螯足各節剛毛稀疏，僅 1~2 支；掌節稍膨大；指節內緣平整。第二胸足各節剛毛稀疏。第五胸足較小，常縮在背甲上；指節有一短剛毛和 3 支末端彎曲具有櫛刺的鈎狀剛毛：內側靠近末端有 1 支，末端則有 2 支。

【快速檢索】體型中小型（1mm~1.5mm 之間）。第二觸角 10 節，第 8 節具 2 支長單毛。頭胸甲額區和胃區有黑斑。腹面觀僅第四胸足具座節棘。

Uca lactea lactea 清白招潮

（圖 12a&12b、照片 9）

檢視標本數：4 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：1.23mm，頭胸甲寬：0.88mm，頭胸甲長與寬的比約 1.40。額寬 0.30mm。額區中央凹陷具有一大型黑色素斑，側緣平滑，寬度向前漸縮，中央額棘向下傾斜。頭胸甲呈橢圓球形，表面凹凸不平，體內常具有四個大型油滴；後緣有一枚大型黑色素斑。頭胸腹甲長 0.72mm，各節平坦，不具黑色素斑。腹部含尾節共 7 節，第一節具一枚大型黑色素斑，第五節下緣具側棘，長度超過第六節下緣；尾節下緣圓弧形。第二觸角 10 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 3, 1, 3；第 8 節具 2 支長剛毛。腹面觀第二、三、四胸足均具座節棘。螯足各節除基節外，均具細小剛毛，僅長節外緣近腕節處有 1 支剛毛較粗；

掌節稍膨大；指節內緣平整。第二胸足各節除基節外，均具細小剛毛，底節具有鉤棘。第五胸足較小，常縮在背甲上；指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內側靠近末端有 1 支，末端則有 2 支。

【快速檢索】體型中小型（1mm~1.5mm 之間）。頭胸甲額區有放射狀斑，背甲後緣上方有絲狀斑。第二觸角 10 節，第 8 節具 2 支長剛毛。腹面觀第二、三、四胸足均具座節棘。

Subfamily Scopimerinae 股窗蟹亞科

Scopimera longidactyla 長趾股窗蟹

（圖 13a&13b、照片 10）

檢視標本數：5 隻。

頭胸甲長：1.35mm，頭胸甲寬：1.23mm，頭胸甲長與寬的比約 1.10。頭胸甲及胸足均密佈黑色素斑，但也有不具斑點或斑點較少的個體。體型圓胖，下半部較寬，如梨型。額寬 0.42mm，額區兩側的弧線內凹，中央額棘短，垂直向下，背面觀察無法看見中央額棘。頭胸腹甲長 0.86mm，腹甲中央呈深圓弧形凹陷。腹部含尾節共 7 節，第五節側棘不明顯，尾節方形並具一枚黑色素斑。第二觸角 7 節，第五、六節半癒合，分節不明顯，各節的毛數為 0, 0, 0, 0, 0, 1, 2，第 6 節具 1 支長剛毛。螯足底節有一叢羽狀剛毛；座節內緣有一支長剛毛；長節外緣有 2 支羽狀剛毛和 3 支短剛毛；掌節、腕節和長節有斑點；指節可動指和不可動指的外緣均有一排粗短的剛毛，內緣平整。第二胸足，除基節外其餘各節均具剛毛。第五胸足各節均具剛毛，指節內緣有五支長剛毛。

【快速檢索】體型中小型（1mm~1.5mm 之間）。頭胸甲及胸足均密佈黑色素斑，體型圓胖，下半部較寬，如梨型。第二觸角 7 節。

Scopimera bitympana 雙扇股窗蟹

(圖 14a&14b、照片 11)

檢視標本數：2 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：2.15mm，頭胸甲寬：2.05mm，頭胸甲長與寬的比約 1.05。頭胸甲及胸足均密佈黑色素斑，但也有不具斑點或斑點較少的個體。體型圓胖，下半部較寬，如梨型。額寬 0.64mm，額區前緣圓滑。頭胸腹甲長 1.4mm，腹甲中央呈深圓弧形凹陷，第 1、2 節分節不明顯，上有黑色素斑分布；第 3 節表面有突棘。腹部含尾節共 7 節，第五節側棘不明顯，尾節扁長方形並有黑色素斑分佈。第二觸角 7 節，各節的毛數為 1, 0, 0, 0, 0, 2, 2，第 6 節具 1 支長剛毛。螯足各節均有黑色素斑密佈；底節有一叢羽狀剛毛；長節外緣有 9 支羽狀剛毛和 5 支剛毛，內緣僅有短剛毛；掌節和指節外緣均有粗短的剛毛，內緣末端平整。第二、三、四、五胸足的長節扁平，已經具有”股窗”的樣子；各節都有黑色素斑分布。第二胸足，底節有一叢羽狀剛毛，長節外緣有 9 支羽狀剛毛，腕節內緣有 1 支羽狀剛毛，前節和指節均密佈剛毛。第五胸足底節有一叢羽狀剛毛；座節有 1 支羽狀剛毛；長節的”股窗”明顯，外緣有 9 支羽狀剛毛，內緣僅有短剛毛；腕節內緣有 1 支羽狀剛毛，外緣有 3 支羽狀剛毛和 1 支長剛毛；前節內緣有長羽狀剛毛，外緣有剛毛；指節內緣有 3 支羽狀剛毛和數支短剛毛，外緣僅有短剛毛。

【快速檢索】體型大型 (>2mm)。頭胸甲及胸足均密佈黑色素斑，體型圓胖，下半部較寬，如梨型。第二觸角 7 節。

Subfamily Macrophthalminae 大眼蟹亞科

Macrophthalmus banzai 萬歲大眼蟹

(圖 15a&15b、照片 12)

檢視標本數：5 隻

頭胸甲長：1.41mm，頭胸甲寬：0.90mm，頭胸甲長與寬的比約 1.57。額寬 0.40mm。額板兩側前端具牛角狀彎棘：水平向前末端向內彎曲；中央額棘向下凹陷，尖端指向下，背面觀察無法看見中央額棘。頭胸甲額區下方和背甲後緣各有

1 枚黑色素斑，額區下方色素斑兩旁各有一突起。頭胸腹甲長 0.87mm；第一、二節分節不明顯，第一節的兩側有明顯的黑色素斑，第三節和第四節有突起，第四節的突起較大。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣的側棘長度與第六節下緣齊，尾節下緣圓弧形。第二觸角 10 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 1, 1, 0, 0, 2, 1, 2, 2, 1，第 7、8 節各具 1、2 支長剛毛。螯足座節有羽狀剛毛；除基節外各節均具短剛毛；掌節稍膨大；指節內側緣平整。第二胸足細長，指節尖端尖銳，各節除基節和腕節外有短剛毛著生。第四胸足有發達的座節棘。第五胸足較小，常縮在背甲上；指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鈎狀剛毛：內側靠近末端有 1 支，末端則有 2 支。

【快速檢索】體型中型（約 1.5mm）。額板兩側前端具牛角狀彎棘。第四胸足座節棘發達，背觀可見。

Family Grapsidae 方蟹科

【科特徵】體型扁平者，頭胸甲長小於 1.5mm，第二觸角 9 節；體型圓厚者體型較大，但頭胸甲長不超過 2.2mm，第二觸角 10 節或 11 節。

本研究共紀錄到三亞科七屬九種方蟹科的大眼幼蟹，檢索表如下：

- 1a. 第五胸足指節有 4 支長鈎狀剛毛；第二觸角 10 節，具有近十支具櫛刺的長剛毛-----*Gaetice* 蜚屬
- 1b. 第五胸足指節有 3 支長鈎狀剛毛-----2
- 2a. 體型圓厚，第二觸角 11 節，頭胸甲長大於 2mm----*Metopograpsus* 大額蟹屬
- 2b. 第二觸角 9 或 10 節-----3
- 3a. 第二觸角 9 節，體型扁平-----4
- 3b. 第二觸角 10 節，體型圓厚-----5
- 4a. 頭胸甲長小於 1.1mm，第四胸足部分具座節棘-----*Sesarma* 相手蟹屬
- 4b. 頭胸甲長大於 1.1mm，第四胸足具座節棘-----*Chiromantes* 螳臂蟹屬
- 5a. 頭胸甲長寬比小於 1.2，趨於正方形；頭胸腹甲第五節具有一短腹棘

----- *Metaplex* 長方蟹屬
5b. 頭胸甲長寬比大於 1.3，螯足掌節寬厚粗壯-----*Helice* 厚蟹屬

Subfamily Grapsinae 方蟹亞科

Metopograpsus thukuhar 方形大額蟹

(圖 16a&16b、照片 13)

檢視標本數：2 隻，同於序取樣之個體。

頭胸甲長：2.16mm，頭胸甲寬：1.55mm，頭胸甲長與寬的比約 1.39。其中一個個體頭胸甲有 12 枚黑色素斑；另一個體僅具兩側各四枚絲狀斑。體型圓厚。額寬 0.28mm，額區前段一直到中央額尖端的中央位置呈溝狀凹陷，中央額棘短，垂直向下，背面觀察無法看見中央額棘。頭胸腹甲長 1.33mm；第一、二節分節不明顯，癒合處平整無凹陷，第一節到第二節的兩側有大型黑色素斑。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣的側棘長度超過第六節下緣；尾節下緣為較尖的圓弧形。第二觸角 11 節，各節的毛數為 2, 2, 2, 0, 0, 2, 1, 4，第 8、10 節具 2、1 支稍長的剛毛。螯足底節有一叢羽狀剛毛；基節內側與座節連接處有黑色素；除基節外其餘各節均具短剛毛；指節內緣平整。第二、三、四胸足，除基節外其餘各節均具剛毛；指節形狀特殊，內緣具一大一小的突棘。第五胸足指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內外側靠近末端各有 1 支，末端 1 支；以內側的鉤毛最短，中央尖端的次之，外側最長。

【快速檢索】體型大型(>2mm)。頭胸甲有八枚明顯的大型黑色素斑。第二、三、四胸足指節形狀特殊，內緣具一大一小的突棘。

Subfamily Varuninae 弓蟹亞科

Gaetice depressus 平背蜞

(圖 17a&17b、照片 14)

檢視標本數：1 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：2.00mm，頭胸甲寬：1.50mm，頭胸甲長與寬的比約 1.33。體型圓厚。額寬 0.73mm，額區中央位置凹陷，中央額棘垂直向下，背面觀察無法看見中央額棘。頭胸甲近後緣處有一黑色素斑，後緣平直。頭胸腹甲長 1.40mm；第一、二節分節不明顯，癒合處有明顯的凹陷且在凹陷處有黑色素斑；第 4、5 節表面有突棘。腹部含尾節共 7 節，第五節側棘向外伸出 長度與第六節下緣齊，尾節近方形。第二觸角 10 節，除第 1、2 節較長之外，其餘各節長度均甚短，各節的毛數為 0, 3, 1, 0, 0, 2, 3, 4, 4, 2，第 2 節具 3 支羽狀剛毛；第 6 節為 2 支短剛毛；第 7、8、9 節分別有 3 支非常長且具櫛刺的剛毛；末節 2 支剛毛一長一短；整體看起來第二觸角具有 10 支長剛毛。螯足底節有一叢剛毛；基節內側與座節連接處有黑色素；除基節外其餘各節均具短剛毛；掌節外緣末端近指節處有一較長的剛毛；指節內緣平整。第二胸足底節有大型黑色素斑，從座節到末端各節均具短剛毛。第三、四胸足特徵較相似：底節、座節、長節和前節有大型黑色素斑；前節內緣近指節處都有一具櫛刺的長剛毛；指節內緣有 7 個具櫛刺的小彎鉤狀剛毛，外緣有數支短剛毛。第五胸足座節有一大型的黑色素斑，除了指節近末端處具 4 支末端彎曲且具有櫛刺的鉤狀剛毛外，其餘各節剛毛稀疏。

【快速檢索】體型大型（約 2mm）。第二觸角有 10 支長剛毛，第五胸足指節有 4 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛。

Subfamily Sesarminae 相手蟹亞科

Parasesarma plicatum 褶痕擬相手蟹

（圖 18a&18b、照片 15）

檢視標本數：1 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：0.88mm，頭胸甲寬：0.65mm，頭胸甲長與寬的比約 1.35。額寬 0.24mm。額區方形，前緣兩側平直，中央額棘短且向下傾斜。體型扁平，頭胸甲呈長方形，後側緣較圓滑。頭胸腹甲長 0.56mm；第一、二節有分節，第一節具有 2 支短剛毛。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣具側棘，長度不超過第六節下緣；

尾節下緣圓弧形。第二觸角 9 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 0, 1, 0, 2, 1, 3, 0, 2；第 7 節具 2 支長剛毛。螯足各節剛毛稀疏，掌節稍膨大；指節內緣平整。所檢視的個體第二、三、四胸足已斷，所以未畫出。從腹面觀察，第四胸足具座節棘。第五胸足較小，常縮在背甲上；指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛，所檢視的個體因鉤毛已斷，所以未畫出末端。

【快速檢索】體型扁平、小型 (<1mm)。第二觸角 9 節，第 7 節具 2 支長剛毛。第五胸足指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛。

Parasesarma pictum 斑點（神妙）擬相手蟹

（圖 19a&19b、照片 16）

檢視標本數：2 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：1.06mm，頭胸甲寬：0.70mm，頭胸甲長與寬的比約 1.51。額寬 0.28mm。額區中央具有大型黑色素斑，中央額棘短且向下傾斜。體型扁平，頭胸甲呈長方形，後緣有一枚黑色素斑。頭胸腹甲長 0.65mm；第一、二節分節不明顯，第一節的兩側有明顯的大型黑色素斑，色素分布延伸到第三顎足的基部。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣具側棘，長度不超過第六節下緣；尾節下緣圓弧形。第二觸角 9 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 0, 1, 0, 1, 0, 2, 0, 3；第 7 節具 2 支長剛毛，長度超過末節的剛毛的長度。螯足各節剛毛稀疏，剛毛著生的位置在：底節、長節、掌節內緣中央各一支短剛毛；底節、長節、腕節、掌節外緣末端也各一支短剛毛；指節的內外緣有數支短剛毛。螯足掌節稍膨大；指節內緣平整。第二胸足指節剛毛數較多，末端沒有剛毛的部位尖銳，似另成一節。第五胸足較小，常縮在背甲上；指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內外側靠近末端各有 1 支，末端 1 支；以內側的鉤毛最短，中央尖端的次之，外側最長。

【快速檢索】體型小型（約 1mm）、扁平。第二觸角第 7 節具 2 支長剛毛，長度超過末節的剛毛的長度。頭胸腹甲第一節的兩側有明顯的大型黑素斑。

Perisesarma bidens 雙齒近相手蟹

(圖 20a&20b、照片 17)

檢視標本數：5 隻。

頭胸甲長：0.94mm，頭胸甲寬：0.70mm，頭胸甲長與寬的比約 1.34。額寬 0.25mm。額區中央具黑色素斑，中央額棘中央凹陷且向下傾斜，背面觀察稍可看見中央額棘。體型扁平，頭胸甲呈長方形，兩側的後側緣各有一枚黑色素斑。頭胸腹甲長 0.60mm；第一、二節分節不明顯，第一節的兩側有明顯的塊狀黑斑。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣具側棘，長度不超過第六節下緣；尾節下緣圓弧形。第二觸角 9 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 0, 0, 0, 1, 0, 3, 0, 3；第 7 節具 2 支長剛毛，長度超過末節的剛毛的長度。螯足底節腹面有一塊黑斑，各節剛毛稀疏，較明顯的剛毛位於座節、掌節、指節內緣中央各一支粗短剛毛；外緣的剛毛腕節有三支，座節、長節、掌節外緣末端各一支。螯足掌節稍膨大；指節內緣平整，可動指內外緣各具一支短剛毛。第二胸足各節剛毛稀疏，指節末端沒有剛毛的部位尖銳。第五胸足較小，常縮在背甲上，僅腕節有兩支短剛毛，指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內外側靠近末端各有 1 支，末端 1 支；以內側的鉤毛最短，外側次之，中央尖端的最長。

【快速檢索】體型小型 (<1mm)。體型扁平，頭胸甲呈長方形，兩側的後側緣各有一枚黑色素斑。第二觸角第 7 節具 2 支長剛毛，長度超過末節的毛的長度。

Chiromantes haematocheir 紅螯螳臂蟹

(圖 21a&21b、照片 18)

檢視標本數：1 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：1.21mm，頭胸甲寬：0.83mm，頭胸甲長與寬的比約 1.46。額寬 0.30mm。額區下緣近胃區具黑色素斑，額區前端稍寬，中央額棘的中央位置凹陷且向下傾斜，背面觀察稍微可以看見中央額棘。體型圓厚，頭胸甲呈長方形。頭胸腹甲長 0.77mm；第一、二節分節不明顯，第一節的兩側有明顯的塊狀黑斑。

腹部含尾節共 7 節，第五節下緣具側棘，長度不超過第六節下緣；尾節下緣圓弧形。第二觸角 9 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 1, 1, 0, 1, 1, 3, 1, 3；第 7 節具 2 支長剛毛。螯足各節剛毛稀疏，掌節膨大，指節內緣平整，可動指外緣各具 2 支短剛毛。第二胸足各節除基節外均具剛毛，前節內緣有一較長的剛毛，指節中段部位有數支短剛毛，以下至末端沒有剛毛的部位尖銳，似另成一節。第五胸足較小，常縮在背甲上，僅腕節有兩支短剛毛，指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內側靠近末端 1 支，末端 2 支。

【快速檢索】體型小型（約 1mm）。體型扁平，頭胸甲呈長方形，兩側的後側緣各有一枚黑色素斑。第二觸角第 7 節具 2 支長單毛。

Helice formosensis 台灣厚蟹

（圖 22a&22b、照片 19）

檢視標本數：3 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：1.59mm，頭胸甲寬：1.16mm，頭胸甲長與寬的比約 1.37。額寬 0.47mm。額區下緣近胃區具黑色素斑，中央額棘中央凹陷且向下傾斜，背面觀察無法看見中央額棘。體型圓厚，頭胸甲呈長方形，後緣具一色素斑。頭胸腹甲長 1.01mm；第一、二節分節不明顯，第一節的兩側有明顯的大型黑色素斑，第 4 節表面有突棘。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣具側棘，長度超過第六節下緣；尾節近方形。第二觸角 10 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 2, 1, 0, 0, 3, 1, 4, 2, 2；共具 4 支具櫛次的長剛毛，第 7 節具 1 支，第 8 節 3 支。螯足底節有一叢羽狀剛毛，除基節外，各節剛毛密佈，掌節膨大粗壯，長度與寬度大約相等，指節不可動指內緣具一波浪齒，外緣有一排短剛毛。第二胸足底節亦具有一叢羽狀剛毛，各節除基節外均具稀疏的剛毛，指節末端尖銳。第五胸足較小，常縮在背甲上，除基節外均具稀疏的剛毛；指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內側靠近末端 1 支，末端 2 支。

【快速檢索】體型中型（約 1.5mm）。體型圓厚，頭胸甲呈長方形，後緣具一色

素斑。第二觸角有 4 支長剛毛。螯足掌節粗壯。頭胸腹甲第 4 節具有突棘。

Helice subquadrata 利吉厚蟹

(圖 23a & 23b、照片 20)

檢視標本數：3 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：2.09mm，頭胸甲寬：1.49mm，頭胸甲長與寬的比約 1.40。額寬 0.64mm。額區下緣近胃區具大型黑色素斑，中央額棘中央凹陷且向下傾斜，背面觀察稍可看見中央額棘。體型圓厚，頭胸甲呈長方形，兩側後側緣各具一大型黑色素斑。頭胸腹甲長 1.41mm；第一、二節分節不明顯。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣具側棘，長度不超過第六節下緣；尾節近方形。第二觸角 10 節，從基部到末端各節的剛毛數為 2, 1, 2, 0, 0, 2, 1, 4, 2, 3；第 8 節具 2 支具櫛刺的長剛毛。螯足基節腹面有黑色素斑，各節剛毛密佈，掌節膨大粗壯，指節內緣平整，可動指外緣有一排短剛毛。第二胸足各節除基節外均具剛毛，指節末端尖銳，剛毛數最多，內外緣皆有一排短剛毛。第五胸足較小，剛毛稀疏；指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內側靠近末端 1 支，末端 2 支。

【快速檢索】體型大型（約 2mm）。體型圓厚，頭胸甲呈長方形，兩側後側緣具大型黑色素斑。第二觸角第 8 節具 2 支長剛毛。螯足掌節寬厚粗壯。

Metaplex elegans 秀麗長方蟹

(圖 24a & 24b、照片 21)

檢視標本數：5 隻

頭胸甲長：1.81mm，頭胸甲寬：1.54mm，頭胸甲長與寬的比約 1.17。額寬 0.54mm。中央額棘中央凹陷且向下垂直，背面觀察無法看見中央額棘。體型圓厚，頭胸甲接近方形，背甲中央及後緣中央各具一小斑點。頭胸腹甲長 1.23mm；第一、二節分節不明顯，第三、四節具小突起，第五節具短腹棘，長 0.06mm。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣具側棘，長度超過第六節下緣；尾節方形。第二觸

角 10 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 1, 1, 0, 0, 2, 1, 4, 2, 3；第 2、3 節各有 1 支短剛毛，第 6 節 2 支短剛毛，第 7 節 1 支具櫛刺的長剛毛，第 8 節 2 支長剛毛，第 9、10 節各有 1 支具櫛刺的長剛毛、1 支長剛毛。螯足底節具羽狀剛毛，除基節外各節具剛毛，剛毛數內緣比外緣多。螯足掌節稍膨大，指節內緣平整。第二、三、四胸足背面觀底節有一塊黑斑。第二胸足除基節外均具剛毛，前節內緣有 5 支剛毛較長，指節末端尖銳。第五胸足較小，剛毛稀疏；指節有 3 支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內側靠近末端 1 支，末端 2 支。

【快速檢索】體型中大型（接近 2mm）。體型圓厚，頭胸甲接近方形。第二、三、四胸足背面觀底節有一塊黑斑。第二觸角共有 7 支長剛毛。

Family Gecarcinidae 地蟹科

【科特徵】頭胸甲長方形，長寬比大於 1.6；第二觸角 10 節，第二觸角沒有長剛毛。

本科只紀錄了一種，特徵如下。

Discoplax hirtipes 毛足圓盤蟹

（圖 25a&25b、照片 22）

檢視標本數：1 隻，同於定序取樣之個體。

頭胸甲長：1.59mm，頭胸甲寬：0.98mm，頭胸甲長與寬的比約 1.62。額寬 0.36mm。中央額棘中央位置凹陷且向下垂直，背面觀察無法看見中央額棘。體型圓厚，頭胸甲呈長方形，背甲後緣中央及兩側後側緣各有一紅色斑點。頭胸腹甲長 1.00mm；第一、二節分節不明顯，兩側靠近螯足的地方有黑色素斑點。腹部含尾節共 7 節，第五節下緣具側棘，長度超過第六節下緣；尾節近方形。第二觸角 10 節，從基部到末端各節的毛數為 0, 1, 2, 0, 0, 4, 0, 3, 2, 2；均為短剛毛。螯足除基節外各節具短剛毛，螯足掌節稍膨大，指節內緣平整。第二胸足第底節有一小塊黑斑，除基節外均具剛毛，以前節內緣的 6 支剛毛較長；指節末端尖銳，內緣具 6 支兩側有一排櫛刺的粗短剛毛。第五胸足較小，剛毛稀疏；指節有 3

支末端彎曲具有櫛刺的鉤狀剛毛：內側靠近末端 1 支，末端 2 支。

【快速檢索】體型中型（約 1.5mm）。體型圓厚，頭胸甲長方形。第二觸角沒有長剛毛。

底棲生物多樣性：

2002年1-12月共有12次完整取樣，共有196個生物樣本，環境分析僅執行一次9個底土樣。2005年底棲生物採樣自2005年2月份開始進行，截至11月共完成10次完整採樣，共有180個底棲生物樣本，80個底土樣本。2002年土樣分別分析篩選各粒徑範圍所佔之百分率、粒徑中值，並分析土樣中的總有機碳、總有機氮、pH值及鹽度，其中粒徑中值的度量與各粒徑範圍所佔百分率相關性極高，而pH值度量範圍變化甚小，由於2005年土樣數量龐大，分析過程中僅就重要性較高的粒徑範圍所佔之百分率、土樣中的總有機碳、總有機氮及鹽度進行分析。

環境因子特性分析

(一)、粒徑分析

2002年及9個採樣站及2005年80個底質顆粒分析呈現底質之空間分布如下。依據Euclidian distance相似度分析，結果可發現C1與D1以及B1與C2最為相似，而以平均連結法連結後，其結果顯示共可將九個測站分成二個群集，即A1、E、B1、C2、A2及D2等六測站是一個群集屬沙質底質；B2、D1及C1等三測站則為另一個群集為泥質底質。

2002年9 個採樣顯示物理與化學特性中，全有機氮(TN)含量介於0.03%～0.09%之間(每100g土壤含有機氮0.03-0.09g)，其中以C1、D1兩樣站含量達

0.09%最高；全有機碳(TOC)含量則介於0.08%~1.00%之間(每100g土壤含有機碳0.08-1g)，其中以D1最高，A1最低；pH值則顯示偏鹼性，介於7.3~7.8之間，其中以A2最高、D1最低；氧化還原層深度介於7.5~114.0cm之間，B1、C1採樣站最淺、E採樣站最深；而鹽度以B2測站最高(33.5⁰/₀₀)，客雅溪出海口(D2)最低(19.3⁰/₀₀) (表、2)。

2005年之年平均全有機氮(TN)含量介於0.02%~0.11%之間，其中以B2、C1、D1及D2四個樣站含較高；全有機碳(TOC)含量則介於0.07%~0.89%之間，其中以B2最高，A1最低；氧化還原層深度以B1、C1採樣站最淺、E採樣站最深；而鹽度以客雅溪出海口(D1)較低(表3)。

經史皮爾曼等級相關分析法分析各採樣站沉積物中粒徑、粉沙及黏土含量、篩選度、全有機氮(TN)、全有機碳(TOC)含量、pH值，氧化還原深度、鹽度、粒徑大於0.125mm之含量、粒徑介於0.063-0.125 mm之含量等10項物理、化學因子彼此間的相關特性，結果顯示底質的粒徑愈大，粉沙及黏土的成份愈少，全有機氮、全有機碳含量也愈低，而氧化還原層則反之愈深，反之粒徑小，粉沙及黏土成份多的底質，全有機氮、全有機碳含量也隨之增加，而氧化還原層則反之愈淺 (表、4及5)。

以2005年資料中的TOC對底泥粒徑組成百分率進行複回歸分析，分析結果可以得到相當良好的預測模式： $TOC = 0.01138 S + 0.000406 FS + 0.004342 MS + 0.02502 C - 0.05257 VC - 0.249 G + 0.134$ ； $R^2 = 0.892$ ； $F = 47.256$ ， $p < 0.000$ 。相同的方式亦可取得TN的預測模式： $TN = 0.00006539 S + 0.0006828 FS + 0.0002293 MS + 0.002608 C - 0.02544 VC + 0.003673 G + 0.07335$ ； $R^2 = 0.579$ ； $F = 6.142$ ， $p < 0.000$ 。

上述式中：G為細礫石含量%；VC為極粗砂含量%；C為粗砂含量%；MS為中

粒砂含量%；FS為細砂含量%；VFS為極細砂含量%；S為粉砂及黏土含量%

2002年資料由上述共挑選出鹽度、粒徑、TOC、pH值、氧化還原層、粉砂及黏土含量及粒徑介於0.063~0.125mm（極細沙）含量等七項代表因子，經由主成分分析轉換成各自獨立的因子後(表6)，前兩項主成分共可解釋81.75%的變異，其中第1主成分共可解釋59.13%的變異(表7)，與TOC、極細沙含量及粉砂及黏土含量呈顯著正相關、與粒徑則成顯著負相關；第2主成分共可解釋22.63%的變異，與鹽度及pH值之間有顯著正相關；第3主成分共可解釋12.65%的變異，與氧化還原層成正相關(表8)。取主成分特性向量中第一、第二主成分做圖，在二維展現中，各環境因子對照集群分析法分析各測站前三項主成分資料後，顯示可將九個測站明顯分為四個群集(圖26)，與原始資料比對後，各群集之分群及相關特性如下：

淺氧化還原層沙質底質群集(第1群集)：粒徑較大、氧還層較深、鹽度較高、低粉砂及黏土及有機質含量最低等特性，主要分布在美山高潮帶(B1)、海山區域(A1及A2)及大庄溪出海口低潮帶區域(C2)。

深氧化還原層沙質底質群集(第2群集)：具有最深氧化還原深度、粒徑較大、鹽度較高、極細沙（0.125-0.063mm）及有機質含量較低等特性，分布在船澳南方潮間帶（E）。

低鹽度沙質底質群集(第3群集)：具有高粒徑、最低鹽度、粉砂及黏土含量及有機質含量相對較低等特性，主要分布為客雅溪出海口低潮帶（D2）。

有機泥質底質群集(第4群集)：具有最高粉砂及黏土含量，最高極細沙含量、最高有機質含量、最小粒徑及氧化還原層最淺等特性，主要分布在美山低潮帶（B2）、大庄溪及客雅溪出海口高潮區（C1及D1）等區域。

2005年資料點較多，經由主成分分析轉換成各自獨立的因子後(表9)，前4項主成分共可解釋72.69 %的變異(表10)，各因子項目與主成分之相關性詳如表(表11)。

取主成分特性向量中第一、第二主成分做圖，在二維展現中，各環境因子對照集群分析法分析各測站前三項主成分資料之後，顯示可以將九個測站明顯分為三個群集(圖27)，與原始資料比對後，各群集之分群及相關特性如下所述：

深氧化還原層沙質底質群集(第1群集)：粒徑較大、氧還層較深、低粉沙及黏土及有機質含量最低等特性，主要分布在美山高潮帶(B1)、海山區域(A1及A2)及大庄溪出海口低潮帶區域(D2)，海山漁港南方潮間帶(E)，E點原先為完全獨立的群集，但是由於本年度海山漁港疏浚，沉沙之後的淤泥水排入E點，明顯影響其底質特性。

有機泥質底質群集(2群集)：具有最高粉沙及黏土含量，最高極細沙含量、最高有機質含量、最小粒徑及氧化還原層最淺等特性，主要分布在美山低潮帶(B2)、大庄溪及客雅溪出海口高潮區及低潮區(C1及C2)等區域。本群集C1及B2極為接近，而C2獨立成立一個亞群集，底質有較多的沙及相對較少的有機質。

沙泥中間形群集(第3群集)：一般物化特性介於上述兩群之間，受季節影響特性變異較大，主要分布為客雅溪出海口(D1)，D1原先歸集在粉及泥含量較高的區域，由於連續兩年風災作用造成近河口域底質砂化而較少泥，顯示分析的歸集相當準確。

自然的力量如風災及人為的因素交互作用在溼地上，自2002至2005的數年之間，香山溼地的底質環境在局部地區已經產生改變，比較明顯的作用首

推颱風及水災，以2005年為例數個強烈颱風引起的波浪全面影響表面的堆積，客雅溪口的粗顆粒淤沙在一次風災之後可以將D1點完全掩蓋，在下一次颱風過後又產生另一層的堆積，兩次的淤積成分可能完全不同，短時間之內及產生巨烈的環境變動，其中以近行水區的D2點變動最為巨烈，兩次風災之間表面的積沙損失近30公分，。

底棲無脊椎動物群聚的時空變化

香山溼地底棲無脊椎動物相

本研究定性調查及整理香山地區近年的研究報導，香山溼地體型大於0.5mm的無脊椎動物將近有200種，以甲殼類的種類最豐富，其次是軟體動物及環節動物(詳如附錄之名錄)，其中與鱗蟲共棲的瓷蟹、中華豆蟹、海陽豆蟹等均為此區的新紀錄種。隨著研究投入愈多將有更多的報導出現。

2002年十二次定量採樣，經鑑定共計採獲甲殼動物37種，多毛動物25種、軟體動物28種、星口動物2種、紐型動物3種、貧毛類1種、棘皮動物1種、腕足動物1種、魚類2種、有孔蟲 (Operculina) 1種、昆蟲幼生 (Insect larve) 及未知種各1種等共計103種大型底棲無脊椎動物 (表12)。2005年十次定量採樣，經鑑定共計採獲甲殼動物38種，多毛動物24種、軟體動物34種、星口動物1種、紐型動物2種、貧毛類1種、棘皮動物1種、魚類2種、昆蟲幼生 (Insect larve) 及刺細胞動物1種等共計105種大型底棲無脊椎動物 (表13)。

2002年個體數超過總個體數1% 的底棲物種計有15種，以軟體動物的公代 (*Laternula anatina*) 最多、蹄蛤 (*Felaniella sowerbyi*) 次之，15種優勢種個體數，共佔全部個體數的85.12% (表14)。2005年取前15個個體數優勢種以多毛類的小頭蟲數量最豐，公代次之，蹄蛤退居第八，組成有相當明顯的年間變化 (表15)。

2002年1-12月各測站所採集之平均個體密度則以客雅溪出海口高潮帶(D1)最高,年總合38869隻(表12,圖28),其次為大庄溪出海口低潮帶區域(C2)達21574隻,個體密度最少為大庄溪出海口高潮帶(C1)每平方公尺僅4533隻,主要為多毛動物。生物種類數部分,以美山牡蠣養殖區域(B2)出現物種最多達54種,大庄溪出海口高潮帶區域最少僅30種(圖29)。2005年2-11月各測站所採集之平均個體密度則以客雅溪出海口高潮帶(D1)最高(表13,圖30),年總合11113隻,其次為A2海山漁港北側低潮線附近達4915隻,個體密度最少為客雅溪出海口低潮帶(D2)每平方公尺僅972隻。生物種類數部分,以美山牡蠣養殖區域(B2)出現物種最多達48種,客雅溪出海口低潮帶(D2)區域最少僅17種。綜合上述,客雅溪高潮帶區域(D1)之底棲生物群聚個體密度最高者,大庄溪高潮帶區域(C1)則是個體密度相對較低,客雅溪出海口低潮帶(D2)易受河道沖蝕堆積影響則呈現劇烈變動。種類豐富度及多樣性受底質影響差異極大,就種類數而言較高的區域則為美山牡蠣養殖區域(B2)(圖31)。

2002年個體數大於總個體數1%的優勢物種在各區的分布情形如表14所示,其中又以公代、蹄蛤及短指和尚蟹最為重要,公代以客雅溪出海口高潮區(D1)分布最多,全年每平方公尺共計採獲16494隻,另外亦廣泛分布在美山(B採樣區)及客雅溪出海口低潮帶等區域;蹄蛤以海山漁港北側分布最多(A採樣區),而在美山高潮帶區域(B1)及大庄溪出海口低潮帶區域(C2)也有相當的數量;而短指和尚蟹則廣泛的分布在各區域中,但沙質區域有較高的密度。2005年前15種優勢物種在各區的分布情形如表15所示,其中又以小頭蟲、公代、中阿曼脊蟲及短指和尚蟹最為重要,小頭蟲以客雅溪出海口高潮區(D1)及大庄測線分部最多,全年每平方公尺共計採獲9839隻;公代以客雅溪出海口高潮區(D1)分佈最多,全年每平方公尺共計採獲4358隻,另外亦廣泛分布在美山(B採樣區)及客雅溪出海口低潮帶等區域;中阿曼

脊蟲以海山漁港北側分布最多（A採樣區），而在美山高潮帶區域（B1）及E點低潮帶區域也有相當的數量；短指和尚蟹除C1及B2的泥底之外廣泛的分布在各區域中，但沙質區域如A2有較高的密度。

2002年及2005年生物密度在所設的五條採樣線中以變方分析比較四類群（甲殼類、多毛類、軟體動物及其他類動物）生物密度的變異，結果呈現顯著差異（ $F=13.224, P=0.000$ ； $F=27.951, P=0.000$ ）（表16及17）。若就所設的二個高低潮位的採樣點進行變方分析比較各潮位中，甲殼動物、軟體動物、多毛動物及其他類別動物等四類群生物密度之差異，雖然某些測點在特別月份以近岸的高潮位測站有較大的個體密度，統計上並無顯著差異（表18及19）。

豐富度及生物量的時間差異

2002年1月至12月，香山溼地大型底棲動物月別平均密度變化最高出現於5月（圖32、33），與裸蠃蜚蟲在此時期大量出現有關，該月底棲動物密度每平方公尺達2459隻（表20），甲殼動物佔了50.51%；次高密度出現在3月，平均密度為2148 ind./m²。軟體動物佔了48.85%，主要優勢物種為公代及蹄蛤；最低出現在12月，單位面積數量僅571 ind./m² 以甲殼類佔了48.26%為主，其中以短指和尚蟹為最多；次低為11月單位面積個體數為598 ind./m²，以多毛類佔了52.01%為主（表20及21）。整個樣區平均密度為1365 ind./m²，其中甲殼類佔了35%、軟體動物佔了34%，而多毛類則佔了30%，三大類群動物合計佔了99%，而優勢種中短指和尚蟹佔了12.90%，公代及蹄蛤分別佔了14.65%和13.27%，多毛類的小頭蟲則佔了9.56%，四者合計共佔了全年總個體數的50.94%，而個體數在各月別之分布呈現雙峰之現象，整體而言個體密度由一月開始上升至五月到達高峰，七月急速下降後於八月緩步回升至九月之後再緩步下降，呈現出春夏多，秋冬少之分布情形。2005年2月至11月，香山溼地大型底棲動物月別平均密度變化最高出現於2月（圖34、35），與公代及櫻蛤

在此時期大量出現有關，該月底棲動物密度每平方公尺達779隻(表22)，軟體動物佔了47%；次高密度出現在3月，平均密度為709 ind./m²。軟體動物佔了37%，主要優勢物種為公代及搖尾鉤蝦；最低出現在6月，單位面積數量僅190 ind./m² 以甲殼類佔了45%為主要組成，其中以短指和尚蟹為主要物種；次低為9月單位面積個體數為292 ind./m²，以多毛類佔了52.3%為主(表22及23)。整個樣區平均密度為4230 ind./m²，其中甲殼類佔了33%、軟體動物佔了25.4%，而多毛類則佔了41%，三大類群動物合計佔了99%，多毛類的小頭蟲則佔了23.26%，公代則佔了10.30%，中阿曼脊蟲則佔了7.4%，短指和尚蟹佔了7.0%，四者合計共佔了全年總個體數的47.96%，而個體數在各月別之分布受到數個颱風影響相當明顯，春季之後逐漸下降波動至晚秋才回昇。

各區域生物密度高峰值出現月份並不一致，2002及2005年資料分別各自以二維變方分析法分析各月份及各測站底棲動物平均密度之差異，結果顯示各月份及各測站間平均密度均存在顯著差異(表24及25)。2002年個體密度月別變化在所設的五條取樣帶中，A測線與B測線個體密度在三月達到高峰；C測線在二月；D測線在五月；E測線在九月。經變方分析各採樣線生物密度的變化後，顯示各採樣線存在顯著差異(表26)，以B採樣線最少，D採樣線最多，其中B及C兩採樣線與D測線間有顯著差異。2005年個體密度月別變化在所設的五條取樣帶，經變方分析各採樣線生物密度的變化後，未顯示存在顯著差異(表27)。

香山溼地底棲無脊椎動物群聚多樣性分析

2002年1月至12月各區域之優勢度指數隨各月份及各測站差異明顯，大體上各測站一月份優勢度指數較低，除A1測站之外各測站在六月前後出現優勢物種，而各測站之豐富度指數高峰值並非落在同一月份，主要集中在夏秋季。物種多樣性指數(H')最大值出現在B2測站的十二月及E測站的一月，而數值最低則出現於D2測站的八月(表28)。2005年2月至11月各區域之優勢度指數隨各

月份及各測站差異明顯，數值隨著各測站優勢種出現而定，最高達0.77。物種多樣性指數（H'）明顯較2002年低，最大值出現在B2測站的6月及2月，而數值最低則出現於D2測站的7月(表29)

優勢物種間的相關特性與群聚分群

使用皮爾森相關分析法分析2002及2005年整個樣區中個體數排名前15名物種之相關特性，其中若成顯著正相關代表兩物種棲地分布重疊性高，反之若成顯著負相關代表兩物種族群棲地分布區隔明顯，分析結果詳如表30及31。

以主成份分析法來探討各優勢物種空間分佈之差異，經主成份分析轉換成各自獨立的主要成份因子後，2002年前三項主成分(表32)共可解釋所有變數中85.21%的效應(表33)，2005年前三項主成分(表34)共可解釋所有變數中54.1%的效應(表35)，顯示2005年的群聚變異較大，此一結果符合2005年延續2004年的劇烈天氣變動如颱風較為頻繁造成環境變動相對頻繁，針對2002年之分析：

第1主成分：可解釋51.36%的變異，與萬歲大眼蟹及公代呈顯著正相關；與挖掘鈎蝦、搖尾鈎蝦、櫻蛤、蹄蛤、錐頭蟲、中阿曼脊蟲及淺古銅沙蠶呈顯著負相關(表36)，此一主成分可歸類為泥底棲息因素。

第2主成分：可解釋17.63%的變異，與鱗蟲成顯著正相關，與其他優勢物種相關則不顯著（表36），此一主成分可歸類近水沙灘棲息因素。

第3主成分：可解釋15.25%的變異，與短指和尚蟹及偽才女蟲呈顯著正相關(表36)，此一主成分可歸類為沙泥底棲息因素。

在第1、第2項主成分因子的二維展現中(圖36)，裸羸蜚蟲及偽才女蟲位

於第一象限；鱗蟲、挖掘鈎蝦及櫻蛤在第二象限；淺古銅吻沙蠶、中阿曼脊蟲、搖尾鈎蝦、錐頭蟲及短指和尚蟹在第三象限；粗角鈎蝦、公代、小頭蟲及萬歲大眼蟹在第四象限。以集群分析法分析前五項主成分資料，顯示可將九個測站明顯分為四群，為與環境因子分群之結果有所區隔，以羅馬數字表示之：

泥沙棲居群聚(第I 集群)：以蹄蛤、中阿曼脊蟲及錐頭蟲群聚密度最高，其中 A1、B1、C2 以蹄蛤個體為主，主要分布在美山-海山漁港之間的潮間帶高潮帶區域(A1,B1測站)及大庄溪出海口外低潮帶區域(C2)，歸為以蹄蛤為主的群聚(*Felaniella* community)。

沙質棲居群聚(第II 集群)：以多毛類鱗蟲及挖掘鈎蝦的密度最高，分布在海山漁 A2、E 港南北兩岸之低潮帶(A2,E)，歸為以挖掘鈎蝦為主的群聚(*Eohaustorius* community)。

沙泥質棲居群聚(第III 集群)：平均密度最高，以公代、裸羸蜚蟲及偽才女 D1、D2 蟲為主要優勢種，萬歲大眼蟹密度相對較多，主要分布在客雅溪低潮帶(D1)及三姓公溪匯流後之出海口(D2)，歸為以公代為主的群聚(*Laternula* community)。

B2、C1

泥質棲居群聚(第IV 集群)：個體密度最少，以小頭蟲的密度最高，主要分布在美山潮間帶低潮線(B2)及大庄溪出海口高潮線(C1)，歸為以小頭蟲為主的群聚(*Capitella* community)。

2005年底棲生物群聚主成分分析：

第1主成分：可解釋27.49%的變異，與裸羸蜚蟲、萬歲大眼蟹、小頭蟲及雙齒圍沙蠶顯著正相關；與挖掘鈎蝦、櫻蛤及中阿曼脊蟲呈顯著負相關(表37)，此一主成分可歸類為泥底棲息因素。

第2主成分：可解釋14.04%的變異，與挖掘鈎蝦、搖尾鈎蝦、短指和尚蟹、雙扇股窗蟹、蹄蛤及中阿曼脊蟲成顯著正相關，與萬歲大眼蟹及日本角吻沙蠶呈現顯著負相關（表37），此一主成分可歸類為沙泥底棲息因素。

第3主成分：可解釋12.56%的變異，與挖掘鈎蝦、搖尾鈎蝦、瓷蟹、中阿曼脊蟲及鱗蟲呈顯著正相關，與短指和尚蟹、雙扇股窗蟹及蹄蛤呈現顯著負相關（表37），此一主成分可歸類為近水沙灘棲息因素。

在第1、第2項主成分因子的二維展現中（圖37），顯示可將九個測站明顯分為兩群，

沙泥—泥質棲居群聚（第I 集群）為B2、C1、C2、D2，此群集相關性呈線形擴散，屬於公代、萬歲大眼蟹及小頭蟲群聚。

沙質棲居群聚（第II 集群）為A1、A2、B1、D2、E，以短指和尚蟹、中阿曼脊蟲、多毛類鱗蟲、挖掘鈎蝦及雙扇股窗蟹為主的群聚。

此兩個群聚各自依照環境因素隨不同的方向擴散，其中一部分的測點（E及D）會形成交會區，現實空間上此兩點相距最遠，顯示此兩點的環境變動有相同的趨勢，實際觀察發現E點因漁港疏濬而泥化，D點則因河溝沖蝕帶走粉沙及黏土留下粗沙，造成相同的生物變動趨勢，生物種類減少密度降低。

底棲無脊椎動物族群分布與環境因子間之關係

優勢物種分布與環境因子間的關聯

為探究底棲優勢物種密度與相關環境因子（粒徑、粉沙及黏土含量、篩選

度、總有機碳、總有機氮、底質pH值與氧化還原層深度等)及各測站總生物量、總個體數和總種數之間相互關係，2002年資料以史皮爾曼等級相關分析法進行分析，顯著性檢定以雙尾檢定之方式，相關係數越高，代表兩參數間之影響程度越高，分析結果如表38，生物群聚分布與沈積物中環境因子間的關係分述如下：

其中總生物量、總個體數及總物種數與各項環境因子之相關特性均不顯著。而個別優勢種與鹽度間相關分析中，除偽才女蟲達顯著負相關外($r=-0.713$, $p<0.05$)，其餘各優勢物種與鹽度相關則不顯著；粒徑則與搖尾鉤蝦及短指和尚蟹呈顯著正相關，與其他優勢物種相關則不顯著；篩選度除與粗角鉤蝦呈顯著負相關，與搖尾鉤蝦呈顯著正相關外，其餘均不顯著；總有機碳與搖尾鉤蝦及中阿曼蟲與總有機碳達顯著負相關；總有機氮與搖尾鉤蝦、櫻蛤、中阿曼蟲及淺古銅吻沙蠶呈現顯著負相關，與萬歲大眼蟹及小頭蟲則呈顯著正相關；pH值與公代、萬歲大眼蟹及偽才女蟲呈顯著負相關，與櫻蛤、錐頭蟲、中阿曼蟲及沙蠶成顯著正相關；氧化還原層深度除與萬歲大眼蟹呈顯著負相關外，其餘相關均不顯著。

2005年前15個主要優勢物種每月測點的密度對其環境因子資料進行相關分析，以史皮爾曼等級相關分析法進行分析，雙尾檢定其顯著性，分析結果顯示每一個主要物種均呈現特定的相關結構(表39)，例如第一優勢的小頭蟲分佈與底質總有機碳、總有機氮、極細砂、粉砂及泥含量顯著正相關；而與粗砂、中粒砂、細砂、氧化層深度呈現顯著負相關，第二優勢公代分佈與底質總有機碳、粉砂及泥含量顯著正相關；而與粗砂、細砂、氧化層、溫度深度呈現顯著負相關，裸蠃蜚蟲的分佈與底質總有機碳、極細砂、粉砂及泥含量顯著正相關；而與粗砂、細砂、氧化層深度、溫度呈現顯著負相關。其它種類詳如表39。以環境因子而言，決定物種分佈的主要因素為底質不同粒境範圍的百分組成及總有機質的含量，整體現象則反映在各測站氧化層的深度

結構，實際上這些環境因素相互之間有一定的依存關係，可以相互預測。

動物群聚分群與環境因子分群結果之比較

2002年環境因子雖然只有一次資料，由於當年度環境相對穩定，僅有一次颱風造成較大的震盪，環境的特徵集群與生物群聚特性集群結果中，整體上相符的程度頗高，以生物群聚分群為基準時，蹄蛤群聚(第Ⅰ分群)與淺氧化還原層(第1分群)完全吻合；挖掘鉤蝦群聚(第Ⅱ分群)則同時出現在深氧化還原層區(第2分群)與淺氧化還原沙質區(第1分群)；公代群聚(第Ⅲ分群)同時出現在低鹽度沙質區(第3分群)與一般有機泥質底質區(第4分群)，小頭蟲群聚(第Ⅳ分群)則與一般有機泥質(第4分群)完全吻合。若以環境因子分群為基準時，淺氧化還原層(第1分群)中同時出現蹄蛤群聚(第Ⅰ分群)與挖掘鉤蝦群聚(第Ⅱ分群)；深氧化還原層區(第2分群)與挖掘鉤蝦群聚(第Ⅱ分群)完全吻合；低鹽度沙質區(第3分群)與公代群聚(第Ⅲ分群)完群吻合；一般有機泥質底質區(第4分群)中同時出現公代群聚(第Ⅲ分群)與小頭蟲群聚(第Ⅳ分群)。

2005年5月開始至10止香山溼地底質環境頻繁受到水患及颱風的震盪，環境因子的離散程度遠高於2002年，環境因子形成的特徵性分群仍能吻合於生物群聚形成的特徵性分群。環境因子歸集為低有機質的沙質群集、高有機質的泥質群集及介於上述極端之間的中間形群集。生物的分部也大致呈現相同的趨勢，第Ⅰ 集群為B2、C1、C2、D2，此群集相關性呈線形擴散，屬於公代、萬歲大眼蟹及小頭蟲群聚屬於高有機質的泥質生態群聚。第Ⅱ 集群為A1、A2、B1、D2、E，以短指和尚蟹、中阿曼脊蟲、多毛類鱗蟲、挖掘鉤蝦及雙扇股窗蟹為主的群聚屬於低有機質的沙質生態群集。

討論

一、環境因子

(一) 區域的環境因子探討

香山溼地是一個典型的淺形海灣，地勢平坦廣闊，雖然如此但仍有地勢微高的灘地及微低的潮池在此交錯出現，加上又有多條潮溝貫穿其中，使得整個溼地質地呈現出多樣化的風貌，各式各樣的微棲地交錯分布於其中。

Gray於1981指出底質篩選分離程度可反應一地的沉積環境，當沉積物篩選分離程度度很好，代表粒徑組成的同質性高，組成的粒徑大小大致相似，屬波浪、水流作用較強的地方；而篩選分離程度不佳，代表粒徑組成的異質性很高，組成的的粒徑大小不一，屬波浪和水流作用較弱地區，本研究中同屬沙質底質的六個區域，底質粒徑大、篩選分離程度佳；另外屬泥質底質的三個區域，底質粒徑小、篩選分離程度較差，與Gray所述結果相符，對照各區域實際地理環境後，可知底質屬沙質的區域中除客雅溪出海口低潮帶區域同時受波浪和水流作用外，其餘區域因距河口較遠，故以潮汐的波浪為主要作用力；而泥質區域中，美山蚵田養殖區（B2）因周遭蚵架密布造成波浪和水流作用較弱，加上牡蠣的生物效應所影響。近河口的兩區域則主要因近河口水流減緩，加上地勢較高波浪作用較弱所導致，整體分布呈現了近河口底質較細，泥含量較多，遠離溪口泥含量較低，底質顆粒較粗之現象。

本研究以顯示四類型(淺氧化還原沙質區域、深氧化還原層沙地、一般有機泥質地及低鹽度沙質區域)的環境分群方式，應足以展現整個區域中大部分底質環境因子變動特性。其中底質粒徑組成百分比屬沙質的六個區域，可以

再被細分成三群，其中船澳南方區域因具有極深的氧化還原層(E)而被單獨歸為一群，而客雅溪出海口低潮帶區域則因具有極低的鹽度被單獨歸為一群，此結果顯示區域間底質粒徑大小即使相似，但若所處地理位置的不同，亦會造成區域間所呈現出不同的環境狀況。

若細究各區域環境因子之組成可發現底質之粒徑與總有機碳、總有機氮，均呈顯著負相關關係，顯示顆粒較大的沉積物，其粉沙及黏土含量、全有機碳、全氮含量均較顆粒小的低，除了與近河口遠近有關外，可能也因等體積的沉積物，粒徑大的總表面積小於粒徑小的總表面積，而底質顆粒的總表面積愈大，能附著的有機質就愈多，故在沉積環境中，底質的粉沙及黏土含量愈多，有機質含量就愈高(Parker, 1982; Witt and Zijlstra, 1984; Lohes *et al.*, 1995)。根據此一通則，本研究並對香山溼地底泥中有機質含量與顆粒結構進行交互預測提出經驗公式： $TOC = 0.01138 S + 0.000406 FS + 0.004342 MS + 0.02502 C - 0.05257 VC - 0.249 G + 0.134$ ； $TN = 0.00006539 S + 0.0006828 FS + 0.0002293 MS + 0.002608 C - 0.02544 VC + 0.003673 G + 0.07335$ ，土樣經過篩選之後，計算其百分率代入式中即可預估其有機質含量。

有機質的含量與粒徑之關聯，可能是有機質本身會將顆粒中的縫隙填滿造成底質篩選分離程度度變差，顆粒微細的泥質更容易積存在底質內，故究竟是單純的粒徑分布影響有機質含量、或是有機質含量影響粒徑分布，或是兩者間存在緊密的交互作用，則有待進一步釐清。

二、群聚動物的空間分布之探討

(一) 優勢種的分布特性

研究結果中軟體動物、多毛類動物以及甲殼動物無疑的是組成此區域灘地最重要的三大族群。整體而言二枚貝與腹足類等軟體動物，其物種數在底

質屬沙質的區域(A1、A2、B1、C2及E)分布較多，顯示其有偏向棲息於顆粒粒徑較大、粉沙及黏土含量及有機質較少且篩選度較佳的沙質海床。個體密度方面除了客雅溪出海口高潮帶區域(D1)外，其他區域也以沙質底質(A1、A2、B1及C2、)有較多個體分布，此結果與金門慈湖(劉等，1998)的底棲生物分布相似，主要原因應與顆粒較小的泥質海床富含有機質，使得顆粒間的空隙較緊密，缺乏水流循環，易造成缺氧，生物較不易居住(Rhoads, 1970)。多毛類動物群聚的方面，物種的分布則與整體動物群聚分布趨勢相同有愈近河口區域(C1及D1)愈多沉降食性之種類(小頭蟲)，愈遠離河口則是愈多濾食性之種類。季節性的變化方面各有消長，若排除環境變動大的2005年，甲殼類於夏季(5月至7月)達到數量高峰，軟體動物則於春季達到高峰，而多毛類則於冬末春初(1月~3月)達高峰。其中多毛類動物的季節消長情形與北部淡水河、中部大肚溪口兩區域多毛類群聚研究結果一致(王，1995; Hsieh, 1995; 1995a)。

甲殼類個別優勢種以十足目短尾類的萬歲大眼蟹、短指和尚蟹以及端足目的裸羸蜚蟲、搖尾鉤蝦最為重要。短指和尚蟹是香山溼地數量最多的蟹類，棲息範圍超過100公頃，族群估計超過1億隻(劉及李，1994)，主要分布在粒徑較大的沙質底質，其中又以低潮帶附近區域有較多的密度，此結果與劉及李(1994)的研究相同，另外在客雅溪口高潮帶的泥質灘地中(D1)，於2002年5月亦有大量幼蟹出現，可見其棲地亦不排除近潮池的泥灘地。

關於萬歲大眼蟹的分布，有研究指出其出現大都與基質的泥含量有關(Frith and Bruntmeister, 1980)，而在本研究中以一般有機泥質區域中密度較高，分布密度與有機碳極有機氮含量呈現顯著正相關，顯示其以有機質含量較多的灘地為其主要棲息地。

相關研究指出端足類甲殼動物常可形成高產量的底棲生物族群

(Highsmith and Coyle, 1990; Moller and Rosenberg, 1982)，且豐富度有地理上和季節上的變化(Moore, 1981; Morrissey *et al.*, 1992; Procaccini and Scipione, 1992)，而本研究中裸羸蜚蟲及搖尾鉤蝦即呈現上述之特性。裸羸蜚蟲以一般有機泥質底質及低鹽度區域分布最多，極大部份是出現在近客雅溪出海口高潮帶區域，數量的季節性變動相當大。搖尾鉤蝦之分布則與粒徑呈顯著正相關，與泥含量、及有機質含量成顯著負相關，顯示主要生活在一般沙質底質區域，而生活方式則營底棲生活以底表30公分內為主(張等，1991)，其體色與底質有關，大都呈灰白色，分布的區域與裸羸蜚蟲有明顯區隔，在區域內的沙質底質中均可見其蹤影，季節性分部以春季密度較高，其它月份相對較少。

本區多毛動物優勢種類甚多，以錐頭蟲、小頭蟲、中阿曼脊蟲、淺古銅吻沙蠶、日本角吻沙蠶及鱗蟲最為重要。就分布來看錐頭蟲、中阿曼脊蟲、淺古銅吻沙蠶、日本角吻沙蠶以及鱗蟲等較偏沙質，小頭蟲較偏泥質。

小頭蟲體型一般呈紅色線狀，具有圓錐形頭區，潛居底泥中，分布與有機氮呈顯著正相關，常見生活於污水出口處或底質具惡臭硫化氫的污泥中，蟲體耐受低氧，為重要的環境污染指標生物(津田等，1979)，本研究中主要分布在一般有機泥質底質，是近河口區域較常出現的多毛類物種，數量最豐的區域為大庄溪(C1)及客雅溪出海口(D1)泥灘地，表示此兩區水域已受到某種程度的污染。就季節性來看，數量增加的月份通常為氣溫較高的季節，高溫會導致底質更加缺氧，此結果顯示其在極為嚴苛的環境限制下，族群數量亦會受到壓抑，檢視各區域內其他類群生物密度的變化亦有類似情況發生。中阿曼脊蟲與淺古銅吻沙蠶，分布則與有機質含量高低有關，主要於淺氧還層沙質底質區域中，是沙灘中有機物循環中重要的物種，覓食方式以吞食底質顆粒粒徑較小的細沙或泥為主，以春夏兩季個體較多。鱗蟲為管棲動物，本次調查中從其棲管中採集到共棲的瓷蟹(*Polyonyx bella*)，鱗蟲自水層中將

海水導入棲管中，濾食有機顆粒，分布在深氧化還層底質區域及淺氧化還原層沙質底質中含水量較高的區域，主要原因應與其棲管的構築較深及本身營濾食須有較多的水流有關。

在軟體動物部分，主要以雙殼類為主，靠著發達的進出入水管可濾食水中的浮游生物及有機顆粒，優勢物種為公代與蹄蛤，公代主要分佈於沙泥質的底質中，而蹄蛤則分佈於沙質底質中。公代為本區個體數量最多的軟體動物，主要棲息於一般有機泥質較高區域，棲息深度約2至5公分，幼生出現於冬末春初，5-6月份達到族群數量高峰，幾乎全區均可見其蹤跡，個體在八、九兩月成熟，9、10及11月是漁民採捕的旺季，也是個體生殖的季節，個體通常入冬逐漸死亡。蹄蛤為一小型貝類廣泛分布在此區的淺氧化還原層沙質地中，數量僅次於公代，分布主要與有機質及泥含量及粒徑大小有關，季節性的變化以春、夏兩季個體數最多，秋季數量銳減而於冬末再度採獲其幼生。

(二)底質分群與生物分群的探討

本次研究中環境特徵集群與生物群聚特徵集群之結果，整體上相符的程度頗高，說明了動物的群聚主要隨著底質狀況分布。

1.泥質與沙質底質的探討

一般而言底棲無脊椎動物的分布受到底質沉積物之物理、化學特性影響(謝，1990)，其中尤以顆粒粒徑大小最重要(謝等，1993; Wiser, 1959)。本區域中沙質底質粒徑大，泥的成分少，保水性差，水分涵養不易，底質易移動，有機物含量也少，食物來源也變得較不穩定，另外由於在空曠的沙灘上極易被其他大型的動物，如水鳥等掠食者捕食。所以居住在沙質為生存基質的底棲動物必須具有耐旱、快速移動、潛沙等能力，方能在此環境下生存，而覓食方式則大多以濾食水中有機顆粒及浮游生物為主，故生物種類多為濾食性

之種類，例如端腳類的搖尾鈎蝦、十足目的雙扇股窗蟹、軟體動物的蹄蛤、西施舌等，但是也有部份動物，如沙蟹是以主動捕食其他動物為其營養來源。泥質含量較多的棲地，保水性佳，底質不易流動，有機質含量較高，棲息在此的物種以直接攝取底質獲得食物是較有利的營生方式，故生物多半是沉降食性之種類(Cammen, 1982; Levinton *et al.*, 1984; Bowen, 1984; Lopez and Levinton, 1978)，另外Miron and Desrosiers (1990)指出，具鑽掘能力的底棲生物在較緻密的底質，移動能力較佳，例如泥質地常見的小頭蟲、萬歲大眼蟹等。

2.一般有機泥質群集的差異

同屬一般有機泥質群集的三個區域(B2、C1及D1)，其優勢物種並不完全相同，此結果顯示生物群聚尚受到其他環境因子的影響，諸如溪流流量的多寡、覆水時間的長短等。有研究指出，當泥質含量超過30%以上時，對於河口域的動物而言是最有利的情況(Anderson, 1972)。

一般而言生物群聚，主要受到物理、化學及生物三項因子所影響，當環境中物理及化學控制因子變嚴酷時，能夠適應此種環境的生物才能生存下來，此時物種豐富度會減少，優勢種個體數則大量增加 (Sanders, 1969)。本區域中兩個近河川出海口的區域，同樣是高有機質的泥灘地，同樣受到工業及家庭廢水的輸入(王，2001; 黃等，2001)，但兩者不管是生物量或是個體密度都截然不同，究其原因，大庄溪出海口區域雖位處出海口，但溪流流量少，出海口處受到南北兩側紅樹林分布影響，使得河道變窄且高程逐漸增加(陳等，2003)；出海口受到北側垃圾掩埋場污染廢水滲出的污染(張等，1998; 陳，1999)，而近岸處又受到非法棄置的廢棄物及垃圾的影響，除增加污染源外亦影響了河川的流速，造成污染物大量沉積，嚴重的污染會造成水中溶氧量偏低(Su *et al.*, 1982)，使得環境更為嚴酷，不利生物生存，再加上採樣站位處高潮區，暴露在空氣中的時間較長，底質含水量及溫度受影響較大

(Pollock and Hummon, 1971; Koh and Shin, 1988)，對此區底棲生物而言又是另一大環境限制，故僅有少數對環境忍耐力較高的生物如：萬歲大眼蟹及族群數量較大的小頭蟲在此區有出現，而小頭蟲是環境明顯受到污染的指標性物種(謝等，1998)。

而客雅溪與三姓公溪匯流處之泥灘地，灘地覆水時間較長，加上溪流的流量大流速快，雖有高污染源(丘，1986; 王，2001; 黃，2001; 新竹市政府，2002)，卻也易於排出，故擁有高密度的群聚，值得注意的是河口的潮汐及水流兩作用雖然減低了污染的效應，但是並不表示河口的環境未受污染，此區域雖然總個體密度高，但種類數較少。

至於蚵田間裸露泥灘地(B2)，其環境特性及生物相與大庄溪出海口極為相似，但細究其成因卻有所不同，此區域位於蚵棚與蚵棚間的裸露泥灘地中，蚵棚的存在會減緩水流的速度，水中的泥質易於沉降，使得此區域泥含量甚高，再加上由於牡蠣排遺的糞便(Faeces)，以及由入水管進入體內，但未經消化道就直接被排出體外的擬糞(Pseudofaeces)均含有高量的有機質，可影響到沉積物的環境(Kusuki, 1977)。此區底質環境有機質雖高，但是泥地中含氧量甚低不適底棲生物生存，易造成少數能容忍低氧狀態的多毛類動物繁生(Dahlback and Gunnarsson, 1981)。但是有一個有趣的現象，此區累積出現的物種數卻是全部測站中最多的區域。許多種類全年中僅出現一次或是僅有一個個體，究其原因可能是此區位於朝山—美山—海山漁港等區域中間的低潮區，有部分隨機種會伺機移入，也有部分物種可能受潮水攜帶，因水流減緩沉降在此。

3. 淺氧化還原層群集、低鹽度群集及深氧還層群集間的探討

同屬沙質地的六個區域，雖然粒徑百分比組成相似，但因地理位置不同，

導致環境因子有所差異，連帶的使得組成的動物相亦有些許的差異，此六個區域可就其位置分為三群，其中客雅溪低潮帶區域(D2)；海山漁港北側區域(A1、A2)、美山高潮帶區域(B1)及大庄溪出海口低潮帶區域(C2)屬較淺氧層沙質群集；船澳南方區域(E)屬深氧化層群集，2005年因為環境變動使得D2及E點特性往A1、A2及B1偏移。生物群聚尚受到其他環境因子外的因素所影響，如潮溝、覆水時間長度、海流輸送的位置等因素，微棲息地的多樣性顯然有所差異。

三、底棲生物群聚月別變異探討

整體而言香山溼地底棲生物月份間種數的差異不甚明顯，以穩定的2002年資料顯示(圖29、31)，除了7月與11月物種數明顯下降外，其餘月份間的差異甚小，測站間及採樣線間，相關分析均顯示個體密度有明顯的月別變化，本研究採樣月份間的總個體數高峰是落在5月，7月至12月個體數則急速減少，對照龐(1981)之研究，亦顯現相似的結果。

四、香山溼地底棲無脊椎動物多樣性之探討

Brown and McLachlan(1990)探討南非海灘灘地粒徑與底棲生物多樣性、豐富度之關係指出，在細沙質的底棲環境中生物多樣性高、豐富度最高，並隨粒徑的變粗而降低，其結果與本研究部分吻合，美山蚵田間泥灘地區域(B2)種類多樣較高，但豐富度卻呈現相同結果；客雅溪出海口高潮區(D1)雖擁有高豐富度，但多樣性卻不高；而大庄溪出海口高潮區(C1)不但沒有高多樣性，甚至豐富度還是最低者，探究其原因，Coull and Well (1981)指出一個高污染的地區，污染會導致生物種類減少，生物族群的密度降低，只剩下優勢種易生存，群聚的多樣性也會因而降低。另外從龐(1980)研究中發現此區接近溪口處族群量數量大，多樣性高，而本研究大庄溪河口高潮帶區域呈現出極低族群量和多樣性；D2區域呈現極低多樣性，此區域可能已受到某種程度的污染，導致了整體多樣性的降低。

五、1981年底棲生物相與2002年之差異

以2002完整資料比對龐(1981)對此區群聚空間分布之研究結果，其研究僅於1981年1月進行一次採集，而且其研究所指之D測線，現已成為垃圾掩埋場而無法進行採集，加上底棲生物季節性的變化又大，若以本研究全年之平均密度進行比對並無法呈現真實之面貌，故僅以本研究之1月的採集結果作為對照，而客雅溪、三姓公溪出海口則取該研究兩測線之平均值作對比，在篩網孔徑的選擇亦有差異1981年為0.94mm，而本研究則為0.5mm，也就是說前人之研究能採獲之生物的為大於0.94mm之個體，本研究則為大於0.5mm，一般而言篩網愈小，能篩出的生物個體數則愈多。

在以此篩網孔徑為基準下，比較結果顯示如表40，豐富度方面各區域(海山與大庄低潮帶區域除外)的數量皆明顯減少了許多，平均約在1.5倍至20倍，至於海山與大庄低潮帶區域兩區域，兩研究所採獲之個體數相差甚小，而整個區域中整體個體數密度的平均值相差約四倍，但需說明的是此為0.94mm/ 0.5mm不同篩網之結果，而本研究過程中個體小於0.94mm之個體偏多，故若以同孔徑篩網採集，結果將會呈現更大的差異；在群聚物種數上的變化，結果顯示物種數亦明顯減少，平均約在1.5~3倍之多。無庸置疑的整體環境的變動，已使香山溼地整體生物群聚的數量及物種數量上均嚴重的減少(表40)。

在月別變化方面，由於龐元勳(1981)之研究僅針對其中兩測站進行全年八個月共八次的採樣，而本研究中顯示不同的測站其月份的變化並不相同，故若以整個區域的平均密度做為月份對比，亦無法顯示其真實之變化，故僅以本研究之相同或相似區域個體密度的月變化作對比，在不同篩網為基準下，結果顯示亦與空間分布的變化雷同，豐富度銳減約在0~18倍之間，種數減少約在1~3倍之間(表41)，另外前人之研究為以0.94mm篩網對全區進行一次的採集加上兩測站八個月的採集總計29次採集，得到106種生物，對照本

研究以0.5mm篩網進行全年108次的採樣得到103種生物，已有部分物種因環境的變動而消失在此溼地上。

由於1).龐(1981)之研究並無將所有採集到的樣本名目列出，無法確認物種是消失亦或為稀少種；2).篩網孔徑選擇的不同，使得優勢族群亦有不同的變化；3).樣本鑑定上多數的物種並無法鑑定到種，而龐(1981)研究之樣本又因計算生物量而焚毀而無法取得，故究竟是否為同一種生物，不得而知；4).稀有的狹棲性(stenoeccious)物種並不容易在定量研究中採獲，使得本研究並無法明確的指出究竟是何物種在此區域內消失，僅能就個體大於0.94mm之優勢物種進行探討。前人研究中分布在沙質區域數量最多的滿月蛤(*Pillucina sp.*)於本研究沙質底質中並無採集到，研判其可能已消失；1981年廣泛分布於此區的雙線血蚶(*Soletellina diplos*)—西施舌，於本研究中僅採集到少數幾個個體，經詢問當地漁民表示：數量已大不如前，只有在大庄溪口低潮線有較多的數量；海錢(*Laganum sp.*)雖然無法確定其為何種海錢，但由整體採集到的海錢數量並不多且大多為小個體，研判其數量亦銳減了許多；僅有端足目的裸羸蜚蟲，數量在兩研究中均為優勢物種。

香山溼地全區河海環境二十年來變動頗大，處處均可見到人為因子所造成環境的改變，先就地形地物的改變來看，北方新竹漁港的築堤，使得頭前溪的漂沙不易進入此區；浸水垃圾掩埋場於1990年緊鄰客雅溪及海岸線的興建，使位處廠址南方的區域因遮蔽而減少了漂沙的進入，而浸水垃圾掩埋場無法有效隔絕垃圾滲水向海岸的流動及垃圾的隨風飛出，導致沿岸普遍受到污染(張等，1998, 陳，1999)；朝山-美山-海山海岸堤防的興建及水泥化使得陸域有機質無法注入，除此之外蚵殼的倒棄、採蚵車輛的進入及遊客肆意將車輛駛入，造成此區底質有趨硬之現象，其中尤以採蚵車輛行經路線最為明顯；另外蚵田的養殖使位處低潮帶蚵田養殖區，底質呈現高有機質、低溶氧態的泥質環境；海山漁港的興建與築堤，遮蔽效應使北方區域沙質堆積，諸多人為因子影響，使此區的底質環境產生了一定的改變(表42)，使生物多樣

性受損相當嚴重。

各注入河川普遍受到污染，客雅溪下游、三姓公溪下游區域，及鹽港溪中游區域，均出現異常偏高的重金屬含量，此種污染源直接注入地即為本區域(王，2001)，將直接或間接影響潮間帶生物的生存，另外漁業署委託高雄海洋技術學院針對香山海岸的生物體與水質以及底泥做檢驗，結果發現在客雅溪出海口與附近海域生物體重金屬，不論魚類、貝類或螃蟹之銅含量均超過 30mg/kg的建議標準，其中以牡蠣最為嚴重，報告亦在結論中強調，客雅溪水質污染嚴重，有機污染物和無機污染物含量較高，其中家庭生活污水和工業廢水為重要污染源(黃等2001)，水質或土壤中污染物含量過高將會使以底質為棲地的無脊椎動物死亡(Kuivila and Foe, 1995)，而污染物或重金屬元素在生物體內的蓄積亦會使得生物體的繁殖能力降低(Beltran *et al.* , 1997)，以上這些都是使生物多樣性受損的元兇禍首。

結論

- 一、 香山溼地蟹類幼生的研究已經以有相當不錯的成果，目前宜持續對其中的台灣招潮蟹幼生進一步搜尋，解開其生活史的謎題。其它蟹類幼生的洄游週期的研究則將成為進一步了解其生態結構的重要依據。
- 二、 香山溼地底棲生物之豐富度、生物量、出現種類數及多樣性等均有明顯之季節變化，且隨區域的不同而有差異。
- 三、 2002-2005 年香山溼地底棲無脊椎動物的優勢物種為公代、蹄蛤、短指和尚蟹、萬歲大眼蟹、小頭蟲及裸蠃蜚蟲。
- 四、 優勢生物群聚在各類型底質區域中呈現極為吻合的聚集效應，顯示各類優勢族群在底質環境變動的特性一致性頗高，大多數優勢物種聚集主要的環境誘因為底質有機質含量、粉沙及黏土含量、氧化層深三大項。
- 五、 河海環境的嚴重破壞及污染，近 20 年已經使香山溼地整體生物群聚的密度及種類數均嚴重的減少。

*保育上的建議

- 一、 大庄溪出海口紅樹林擴張速度太快，水流受阻灘地泥化缺氧的面積逐年增加，建議適度的移除紅樹林以維持灘地的正常代謝。
- 二、 海山漁港以南的沙灘受潮汐影響較強，沙灘比較容易因泥質沉積而徹底改變其特性，生態敏感度高，當地的鱗蟲及其共棲的貝拉瓷蟹、半索類的玉柱蟲及沙棲的刺細胞動物均相當稀有，應當定期監測其族群動態及棲地。
- 三、 不同區分的管制區應當設立特定的隔離管制標誌，由於假日人潮眾多，遊人踐踏及當地住民的經濟採集造成的環境擾動相當明顯，硬化的棲地及鏟挖蹂躪的近岸高潮線區已經只有少數物種能在此生存。
- 四、 河川是孕育溼地的源頭，此區雖已劃定為野生動物保護區，阻止了硬體工程對此區的破壞，然圈護式的保護方式對此區底棲動物而言，只是治標而已，河川及相關污染源的有效管理才是保護此區野生動植物之治本之策。
- 五、 從浸水垃圾掩埋場興建後南邊區域二十年來生物密度劇減看來，緊鄰海岸線甚至在溼地上大興土木對溼地的影響甚劇，回想每次採集在大庄溪出海口，看著台灣招潮蟹擺動大螯對研究者的呼喚，常常因此忘了採集的辛勞，但此景未來將因浸水污水處理廠的興建而消失，二十年來浸水垃圾掩埋場週遭及其南側大庄溪出海口是底棲生物群聚變動最大的區域，這塊溼地的未來端看人類的態度是否積極。

- 六、 垃圾場滲水的情形必須設法解決，前往D點採集所經過的路線與垃圾場平行，發現旁邊的潮溝深棕色廢水流經之處蝦蟹屍體橫陳。溯其源頭均與垃圾場相連，水流經過之處又常見附近居民在此採集環文蛤及公代等底棲動物，宜仔細評估其可能健康危害程度，進一步有效管理。

參考文獻

一、中文

- 日本海洋學會。1986。沿岸環境調查マニュアル。恆星社後生閣， XI+266PP。
- 池文傑。2000。客雅溪口鳥類群聚的時空變異。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。pp88。
- 行政院農委會。野生動物保護法第八條第四項（2001）。
- 江建嵩。1986。台灣西南部永安海域大型底棲動物相之研究。私立中國文化大學海洋研究所資源組碩士論文。pp106。
- 巫文隆、廖國焱。2000。淡水河沼澤生態系底棲無脊椎動物之研究。溼地生物多樣性研討會論文集。
- 何平合、洪明仕。1997。新竹市海邊的螃蟹。新竹市政府，新竹市，pp122。
- 吳忠信。1991。新竹市濱海地區生態現況調查研究專輯。教育部中小學科學教育專案研究計劃，富里國中，新竹市，129 頁。
- 李展榮。1985。崎頂、後安、台西潮間帶與亞潮帶底棲動物之生態與分佈。私立中國文化大學海洋研究所資源組碩士論文。
- 李展榮、方力行，1995。溼地的界定及其功能。第二屆海岸溼地生態及保育研討會論文集。中華民國野鳥協會。
- 李坤瑄、陳章波，1994。台灣常見的棘皮動物。國立海洋生物博物館籌備處，高雄市，pp94。
- 林裕彬、吳振發、戴采芬。2001。淡水河口溼地景觀資源評估-以挖子尾自然保留區為例。台灣水利第 49 卷第 2 期，63-78 頁。

- 邵廣昭。2000。關渡自然保留區及關渡自然公園生物環境監測與研究期末報告。
。台北市建設局。pp343。
- 洪明仕。1997。竹塹海濱生物。新竹市立文化中心。pp160。
- 洪明仕、何平合。1999。新竹市香山溼地生態觀察手冊。新竹市政府。pp120。
。
- 施學銘。1994。台灣西部海岸地形與海岸溼地的消長。第一屆海岸溼地生態及
保育研討會論文集。中華民國野鳥協會。
- 唐存勇、深乃匡、歐陽餘慶、林斐然、林曉武。1992。新竹南寮附近海岸侵蝕
與堆積問題初步研究。國立台灣大學海洋研究所。
- 郭立信。1984。興達潮間帶底棲動物與環境的關係，國立台灣大學海洋研究所
碩士論文。53pp.
- 連永順、高源國、陳武千。1992。新竹海岸地區空間資源利用調查。工業技術
研究院資源研究所。
- 程一駿、張品青。1994。竹圍紅樹林區潮間泥帶之沉積物底泥的營養價值的探
討。海岸溼地生態及保育研討會論文集。
- 陳仁祥。1999。以多變量統計區分香山、七股、圳頭溼地水質土壤電異性。台
灣大學農業工程學所碩士論文。pp81。
- 陳恩理、陳章波。1994。底棲無脊椎動物群聚研究於海岸溼地鳥類保護區規劃
的角色。第一屆海岸溼地生態及保育研討會論文集。中華民國野鳥協會。
144-154 頁。
- 陳勇輝、陳一鳴、陳章波。1991。沿岸海洋生態環境保護—沙岸底棲生物環境
因子測定。農委會漁業特刊第二十三號。135-146 頁。
- 陳章波、陳一鳴、李坤瑄。1994。通霄附近海域潮間帶底棲生態調查。海洋科
技會刊。
- 陳章波。1998。潮間帶無脊椎動物在環境評估上的應用-以沙岸底棲動物為例
。環境保護與生態保育研討會論文集。539-550

- 黃品薰。2001。香山地區牡蠣群體、沉機物及懸浮顆粒重金屬含量之季節與區域性變化。國立台灣大學海洋學研究所碩士論文。pp115。
- 新竹市政府。2000。客雅溪污水處理廠用地填築海埔地開發計劃工程，環境影響說明書。5:1-10
- 鄭啟仲、王亞男。1998。溼地生態系及其養分循環。台大實驗林研究報告。129-137。
- 蔡嘉揚、陳炳煌。1994。以覆網實驗研究濱鷸之覓食生態。第一屆海岸溼地生態及保育研討會論文集。中華民國野鳥協會，46-67 頁。
- 溼地保護工作委員會。1994。八十三年度台灣海岸地區環境敏感地帶保護區示範規劃---鳥類、紅樹林、溼地調查計畫。高雄市野鳥協會。
- 劉烘昌、李家維。1994。新竹香山潮間帶之螃蟹。海岸溼地生態及保育研討會論文集。103-113。
- 劉炯錫、林曜松。1995。淡水河河口潮間帶之底棲動物相。第二屆海岸溼地生態及保育研討會論文集。中華民國野鳥協會
- 劉弼仁、謝蕙蓮、林志國、陳朝金、陳章波。1998。金門慈湖的底棲環境與大型底棲動物分佈。國家公園學報。8 (1): 12-25。
- 劉靜榆。1994。曾文溪口生物資源調查。生物資源調查研討會論文集。台灣特有生物研究保育中心出版。355 頁-402 頁。
- 劉靜榆。2002。大肚溪口潮間帶地區大型底棲動物群聚現象與相關重金屬含量分析。特有生物研究 4 (2): 9-29 頁。
- 劉靜靜、邱文彥。1995。由國際溼地公約之架構檢視台灣溼地保護。第二屆海岸溼地生態及保育研討會論文集。中華民國野鳥協會，9-24 頁。
- 劉靜榆、曾彥學、吳萃慧、李訓煌。1999。台灣西南沿海生物資源調查。特有生物保育研討會論文集。台灣特有生物研究保育中心出版。16-47 頁。
- 謝蕙蓮。1997。底棲生物。「淡水河下游生物群聚之動態調查」、「淡水河污染整治對生態影響之研究」及「基隆河污染源與底棲生物採樣分析調查」計

- 劃期末報告 6-1-6-58 頁。行政院環境保護署。(EPA-86-G106-09-14)。
- 謝蕙蓮。1998。曾文溪口沿岸底棲群聚之角色一次級生產量與碎屑傳送。「曾文溪口沿岸地區陸海交互作用之研究」研究成果論文集(三)。子計劃十一。國科會。
- 謝蕙蓮、陳瑞賓。1995。台灣河口底棲生態的特徵和研究方法。第二屆海岸溼地生態及保育研討會論文集。中華民國野鳥協會，175-182 頁
- 謝蕙蓮、黃守忠、李坤瑄、陳章波。1993。潮間帶底棲生物調查法。生物科學第三十六卷第二期，71-80 頁。
- 謝蕙蓮、蔡佩玲、陳瑞賓。1998。底棲無脊椎動物。「淡水河系污染整對生物相群聚動態影響」計劃(EPA-87-G106-03-05)期末報告書 6-1-6-51 頁。行政院環境保護署。
- 薛攀文。1994。台灣大甲溪河口海岸溼地形態與相關底棲無脊椎動物相。第一屆海岸溼地生態及保育研討會論文集。
- 龐元勳。1981。香山潮間帶底棲生物與環境之關係。國立台灣大學海洋研究所碩士論文。pp61。
- 巖登生。1990。新竹香山溼地永續利用的管理策略。國立中興大學資源管理研究所碩士論文。

二、英文

- Barnes, R.S.K. and R.N. Hnghes, 1999. An introduction to ma-rine ecology. Edinburgh, :BSLEO press.286pp.
- Digby, P.G.A. and R.A. Kempton, 1987. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman and Hall, London, 206pp.
- Folk, R.L., 1968. Petrology of sedimentary rocks, Hemphill's, Deawer M. University Statiob, Austin, Texas. 170pp
- Hsieh, H.L., 1992. Pseudopolydora diopatra, A New Species (Polychaeta: Spionidae) From Taiwan. Proc. Biol. Soc. Wash. 105:630-635

- Hsieh, H.L., 1994. *Amphitrite lobocephala*, A New Species (Polychaeta: Terebellidae) From Taiwan. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 105:517-523
- Johnson, R.A. and D.W. Wichern, 1982. Applied multivariate statistical analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 594pp.
- Odum, E.P., 1975. Ecology. 2nd ed., University of Georgia.
- Parker, R.H., 1975. The Study of Benthic Communities, 279pp., Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- Peter, S., 2002. Ecology theories and application. NJ. U.S.A :Prentice-Hall press. 403pp.
- Pielou, E.C., 1975. Ecological Diversity, 165pp. John Wiley & Sons. Inc. ,New York, London, Sydney, Toronto.
- Prater, A.J., 1981. Estuary birds of Britain and Ireland. J & AD Poyster Ltd. Stafford shire, England. 440pp.
- Sneath, P.H.A., and K.R. Sokal, 1973. Principles of Numerical Taxonomy. Freeman, San Francisco. 573 pp.
- Wilson, W.H., 1991. Competition and predation in marine soft-sediment community. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21:221-41